Science de l'eau et politiques:
Effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau

Un atelier parrainé par le CCME

31 janvier et 1 fevrier, 2002

Québec

Série d'ateliers du CCME : Science de l'eau et politiques

Effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau

Un atelier parrainé par le Conseil canadien des ministres de l'environnement

---

Rédacteurs du compte rendu de l'atelier :

PA Chambers (Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada)

J Dupont (Ministère de l'Environnement du Québec)

KA Schaefer (Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada)

AT Bielak (Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada)

Collaborateurs au compte rendu de l'atelier :

S Barrington, Université McGill
C Bernard, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
R Bertrand, Ministère de l'Environnement du Québec
M Brenning, Agriculture et Agroalimentaire Canada
J Bryden, Ministère des Eaux, des Terres et de la Protection de l'air de la Colombie-Britannique
A Cessna, Agriculture et Agroalimentaire Canada
J Elliott, Environnement Canada
C Forsberg, Université de Guelph
T McRae, Agriculture et Agroalimentaire Canada
M Nolin, Agriculture et Agroalimentaire Canada
R Notenbomer, Pure Lean Hogs Inc.
M Patoine, Ministère de l'Environnement du Québec
M Servos, Environnement Canada
H Swain, Le Cercle Sussex
E Topp, Agriculture et Agroalimentaire Canada
M Webber, Webber Consultants
J Wuite, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta
J Young, Ministère des Pêches, de l'Aquaculture et de l'Environnement de l'Île-du-Prince-Édouard

Les 31 janvier et 1er février 2002 **Québec**

105-03782/

Le présent rapport ne peut être obtenu que sous forme électronique. Il peut être téléchargé à partir du site internet du Conseil canadien des ministres de l'environnement à :

Aussi disponible en anglais sous le titre : Effects of Agricultural Activities on Water Quality

Les vues et opinions des conférenciers et des participants aux discussions de l'atelier, dont la synthèse apparaît dans le présent rapport, n'énoncent ni ne reflètent nécessairement celles du Conseil canadien des ministres de l'environnement et ne peuvent donc pas être utilisées pour faire la publicité de certains produits ou les recommander. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement n'approuve ni ne recommande aucun produit, processus ou service commerciaux.

L'information qui émane de Statistique Canada est utilisée avec la permission de cet organisme. Il est interdit aux utilisateurs de copier ces documents ou d'en rediffuser les données, sous leur forme d'origine ou sous forme modifiée, à des fins commerciales, à moins d'en avoir obtenu l'autorisation explicite de Statistique Canada. Des précisions sur la large gamme de données rendues accessibles par Statistique Canada peuvent être obtenues auprès des bureaux régionaux de Statistique Canada, en visitant le site Web de l'organisme, à http://www.statcan.ca, ou en composant le numéro sans frais 1-800-263-1136.

Les documents d'Agriculture et Agroalimentaire Canada sont reproduits avec la permission du ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 2002.

Les documents provenant de John Wiley & Sons, Inc. sont utilisés avec la permission de cette entreprise. Il est interdit aux utilisateurs de copier ces documents ou d'en rediffuser les données, sous leur forme d'origine ou sous forme modifiée, à des fins commerciales, à moins d'en avoir obtenu l'autorisation explicite de John Wiley & Sons, Inc.

Le présent rapport peut être cité comme suit :

Chambers PA, J Dupont, KA Schaefer et AT Bielak, 2002. Effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg, Manitoba. Série d'ateliers du CCME : Science de l'eau et politiques, rapport n° 1. 31 p.

Contexte et aperçu de l'atelier

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) offre un lieu de rencontre aux gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, qui leur permet de collaborer relativement à des questions environnementales prioritaires. Étant donné les inquiétudes que soulève la qualité de l'eau et l'importance que les Canadiens accordent à cette question, le CCME a fait de la qualité de l'eau l'une de ses grandes priorités.

Le CCME a notamment pour mandat de veiller à ce que les membres du Conseil, et plus particulièrement les responsables des orientations politiques et les décideurs, disposent des renseignements scientifiques les plus à jour sur les divers enjeux liés à la qualité de l'eau. Le Conseil souhaitait aussi permettre à ses membres de faire connaître leurs vues sur les priorités de recherche dans ce domaine à la collectivité scientifique.

Le CCME a préparé une première liste de trois domaines prioritaires pour l'échange d'informations :

1) les incidences des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau;
2) la qualité de l'eau souterraine;
3) la qualité de l'eau dans le contexte de sa réutilisation et de son recyclage.

Il a été convenu que l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada organiserait, au nom du CCME, une série d'ateliers auxquels des scientifiques reconnus seraient invités à présenter les connaissances les plus à jour sur ces questions. L'auditoire visé était constitué de représentants des membres du Conseil, d'autres ministères fédéraux, provinciaux et territoriaux et de groupes intéressés. Les réunions devaient être conçues de façon à favoriser le plus possible l'échange de l'information et à donner l'occasion aux membres du CCME et aux groupes intéressés de faire connaître leur avis sur les nouvelles orientations et priorités de la recherche.

Le présent rapport porte sur le premier atelier, qui a été tenu les 31 janvier et 1er février 2002 et dont la coprésidence a été assumée par l'INRE et la province de Québec. Environ 70 scientifiques et experts en matière de politiques des ministères provinciaux et fédéraux de l'environnement et de l'agriculture, d'autres ministères fédéraux, d'universités ou d'organismes privés y ont participé. L'atelier, dont le succès a été retentissant, constitue maintenant un exemple de démarche novatrice pour l'établissement d'un dialogue réel, permanent et très nécessaire entre les scientifiques et les décideurs.

Jennifer Moore
Coprésidente, Comité de coordination sur l'eau du CCME
Directrice générale
Écosystèmes et ressources environnementales
Environnement Canada
351, boul. St Joseph
Hull (Qc)
K1A 0H3

Ken Dominie
Coprésident, Comité de coordination sur l'eau du CCME
Sous-ministre adjoint
Ministère de l'Environnement
4e étage, édifice de la Confédération
Bloc ouest – promenade Prince Phillip
C.P. 8700
St. John's (T.-N.) A1B 4J6

Remerciements

La tenue d'un atelier suppose de la planification, de l'organisation et le dévouement d'un grand nombre de personnes. Nous tenons à remercier les membres du comité organisateur, qui ont donné de leur temps et fait preuve de dévouement et d'ardeur au travail pour la réalisation des innombrables appels conférence et courriels qu'exige la planification d'un tel atelier :

Dr. Pritam Jain
Environnement et Gestion des
ressources de la Saskatchewan
Courriel : pjain@serm.gov.sk.ca

M. Tim Marta
Direction générale des politiques stratégiques
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Courriel : Martati@em.agr.gc.ca

Dr. Christian DeKimpe
Direction générale de la recherche
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Courriel : Dekimpec@em.agr.gc.ca

Nous voulons aussi remercier le Dr. Alex Bielak, M. Karl Schaefer et Mme Pascale Groulx d'Environnement Canada dont les efforts soutenus, notamment pour la coordination avec les divers ministères fédéraux et provinciaux, ont assuré le bon déroulement de l'atelier. Il y a lieu de remercier particulièrement M. Pierre Dulude et M. Luc Berthiaume du ministère de l'Environnement du Québec pour les dispositions logistiques, plus particulièrement pour l'excellence des locaux et de la restauration. Nous voulons aussi remercier les coprésidents du comité de coordination sur l'eau du CCME, Mme Jennifer Moore et M. Ken Dominie, pour leur soutien et encouragements, de même que Nancy Gehlen et son personnel au bureau du Conseil canadien des ministres de l'environnement, pour leurs services de secrétariat. L'aide fournie par le Dr. Leah Watson et Mme Kristin Alward pour la révision, par Mme Martha Guy pour les dispositions audiovisuelles, par Mme Grazyna Modzynski pour l'élaboration des graphiques utilisés à l'atelier et par Mme Freda Crisp pour les services de secrétariat nous a été très précieuse. Le Dr. John Carey, directeur général de l'Institut national de recherche sur les eaux, a facilité l'obtention de fonds supplémentaires qui ont assuré le bon déroulement de l'atelier. Enfin, aucun atelier ne saurait être réussi sans la présence d'un groupe de conférenciers et de panélistes compétents, bien préparés et enthousiastes; nous leurs sommes donc des plus reconnaissants pour leurs exposés clairs, concis et judicieux. Nous avons tenté de retenir les points saillants des exposés et des discussions productives qui ont suivi. Toute erreur ou omission ne serait due qu'à un manquement de notre part et non de la part des conférenciers ou des participants aux discussions.

Les auteurs,

Patricia Chambers
Coprésidente, atelier du CCME
Environnement Canada
Institut national de recherche sur les eaux
867, chemin Lakeshore
C.P. 5050
Burlington (Ont.) L7R 4A6

Patricia.Chambers@ec.gc.ca

Jacques Dupont
Coprésident, atelier du CCME
Ministère de l'Environnement du Québec
Direction du suivi de l'état de l'environnement
675, boul. René-Lévesque Est, 7^{e}étage
Québec (Qc) G1R 5V7

jacques.dupont@menv.gouv.qc.ca

Résumé

Au Canada, le CCME est la principale tribune permettant de discuter et de prendre des mesures conjointes relativement à des questions environnementales d'intérêt national et international. À l'automne 2001, afin de donner suite aux inquiétudes touchant la qualité de l'eau au Canada, le CCME a décidé de tenir une série d'ateliers – *Science de l'eau et politiques* – sur les enjeux prioritaires de cette problématique. Organisée par l'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada et coprésidée par des représentants provinciaux, la série d'ateliers permettra de faire connaître les résultats des nouvelles recherches et pratiques de gestion aux décideurs et responsables de politiques de niveau supérieur et mettra à la disposition des scientifiques et gestionnaires de l'eau un mécanisme qui leur permettra de faire profiter les programmes canadiens sur l'eau de leur expertise.

Le premier atelier, tenu les 30 janvier et 1er février 2002 à Québec, a mis l'accent sur les effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau. Environ 70 scientifiques et experts en matière de politiques des ministères provinciaux et fédéraux de l'environnement et de l'agriculture, d'autres ministères fédéraux, d'universités, de groupes intéressés et d'organismes du secteur privé y ont participé. Le présent rapport fait la synthèse des exposés, des discussions de groupe et des discussions ouvertes concernant les incidences des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau, le rôle des nouvelles technologies dans la réduction de ces incidences et la capacité des réglementations nouvelles ou proposées à protéger l'environnement de la pollution agricole.

Risques pour la qualité de l'eau découlant de l'agriculture au Canada

L'intensification des opérations agricoles au cours des 40 dernières années a donné lieu à une augmentation du risque de contamination des eaux de surface et des eaux souterraines par certains polluants, comme les particules des sols érodés, les éléments nutritifs et les pesticides. Des concentrations élevées d'éléments nutritifs et de pesticides sont maintenant fréquemment décelées dans les eaux de surface provenant des cultures.

Tant les scientifiques de l'eau que la population ont récemment fait état d'inquiétudes relativement à la présence d'organismes pathogènes, de perturbateurs endocriniens et de produits pharmaceutiques à usage vétérinaire, qui persistent dans les sols agricoles fertilisés par du fumier et qui peuvent être transportés vers les eaux de surface ou souterraines.

Il n'existe pas actuellement au Canada suffisamment de données pour évaluer les risques que posent à la santé humaine et aux biotes aquatiques les sources agricoles de ces substances. Que faudrait-il faire pour accroître notre connaissance de ces risques et des autres risques que présentent les activités agricoles pour la qualité de l'eau au Canada? Les participants à l'atelier ont défini plusieurs domaines où les connaissances scientifiques sont insuffisantes et pour lesquels les recherches devraient être intensifiées.

- Une prévision plus exacte des incidences de la modification de la régie des terres agricoles sur les ressources hydriques suppose une meilleure connaissance des cycles biogéochimiques et hydrologiques, notamment dans le contexte des variations des précipitations et des débits résultant du changement climatique.

- L'érosion des sols peut jouer un rôle important dans la pollution des eaux réceptrices par sources diffuses. Il faut mieux connaître la biodisponibilité des contaminants du sol de

même que les effets sur les écosystèmes aquatiques de taux de perte de sol acceptables du point de vue agronomique.

- Les éléments nutritifs provenant des terres agricoles, tels l'azote et le phosphore, peuvent accroître la concentration de ces éléments dans les eaux de surface et entraîner leur eutrophisation. D'autres travaux devront être effectués pour déterminer les voies de cheminement des éléments nutritifs du sol vers l'eau et pour élaborer des modèles de prévision de leurs effets sur les biotes de divers types de systèmes aquatiques.

- Les eaux de surface et souterraines de certaines régions du Canada sont contaminées par des pesticides dont les concentrations sont par ailleurs rarement supérieures à celles des recommandations pour la qualité de l'eau potable. Les recommandations canadiennes figurent cependant parmi les moins sévères du monde occidental et ne s'attaquent pas de façon adéquate au problème des mélanges de pesticides. Des recherches devraient être effectuées afin d'évaluer les effets chez l'être humain et les systèmes aquatiques d'une exposition à long terme à de faibles niveaux de substances chimiques de même que les effets synergiques éventuels des mélanges de ces produits chimiques.

- Des déchets animaux et municipaux sont épandus sur des terres agricoles à titre d'engrais; il faudrait déterminer si les organismes pathogènes présents dans le fumier persistent dans le sol et sont transportés vers les eaux de surface ou souterraines. Le sol et l'eau sont des milieux hostiles aux organismes pathogènes, mais de tels organismes ont été décelés dans des eaux souterraines et des puits en zones rurales. Pour bien comprendre les risques connexes, il faudrait effectuer des recherches supplémentaires sur leur persistance dans l'environnement et leur écologie.

- Des perturbateurs endocriniens et des médicaments à usage vétérinaire utilisés en milieu agricole se retrouvent dans les plans d'eau par ruissellement ou infiltration à partir de champs fertilisés en fumier. Il existe actuellement très peu de données sur ce sujet au Canada; or, il faudrait disposer de plus d'informations scientifiques concernant l'exposition à ces substances et leur dispersion dans l'environnement ainsi que sur le rôle et l'importance des substances à action hormonale qui y sont naturellement présentes.

Technologies de réduction des risques de l'agriculture pour la qualité de l'eau

Bon nombre de solutions scientifiques pour la réduction des pertes de contaminants chimiques ou biologiques d'origine agricole vers les eaux de surface ou souterraines existent déjà ou sont à l'étape de la mise au point. Beaucoup a été fait ces dernières années pour la réduction de la teneur en éléments nutritifs des lisiers de porc, notamment par l'accroissement de la digestibilité du phosphore présent dans l'alimentation, la production de porcs transgéniques plus aptes à digérer le phosphore et la réduction de la quantité de protéines brutes dans leur diète.

Il existe aussi de nouvelles façons de traiter les fumiers. On compte notamment le compostage, la séparation solides-liquides et l'utilisation de digesteurs. L'agriculture de précision est une autre façon de réduire l'utilisation, et un éventuel lessivage des produits agrochimiques et du fumier. Il s'agit d'une méthode faisant appel à l'informatique pour la gestion de la variabilité au sein d'une parcelle qui permet d'ajuster avec précision les intrants aux besoins de la culture.

Bien que certaines de ces techniques devront faire l'objet d'essais supplémentaires avant d'être opérationnelles ou conformes à la réglementation, on peut prévoir des améliorations de la qualité de l'eau à mesure que ces techniques, et d'autres pratiques seront adoptées afin de

réduire les pertes d'éléments nutritifs, de pesticides, de produits chimiques et d'organismes pathogènes dans l'environnement.

Politiques et mesures de réduction de la pollution de l'eau d'origine agricole

Les gouvernements fédéral et provinciaux élaborent et appliquent de nouvelles politiques afin de favoriser les pratiques de gestion et les technologies qui rendent la production et l'industrie de la transformation agricoles plus durables du point de vue environnemental.

Les ministres fédéral et provinciaux de l'agriculture procèdent à l'élaboration d'un cadre stratégique national pour l'agriculture qui fera du Canada un chef de file mondial en matière de sécurité alimentaire, d'innovation et de protection de l'environnement. Pour la mise en oeuvre de ce nouveau cadre, Agriculture et Agroalimentaire Canada a défini un nouveau secteur d'activité, la santé de l'environnement, qui met l'accent sur l'utilisation durable des ressources agroenvironnementales.

Parmi les nouvelles initiatives agroenvironnementales, mentionnons :

- à l'Île-du-Prince-Édouard, une loi qui exige des zones tampons le long de tous les cours d'eau;
- au Québec, un règlement concernant l'application de matières fertilisantes sur les terres cultivées;
- en Alberta, un programme pour une agriculture durable qui favorise l'adoption de pratiques durables dans le secteur agroalimentaire et contrôle les changements au sein des environnements touchés par les activités agricoles.

Science de l'eau et politiques

L'atelier a été une première étape dynamique vers l'établissement d'un dialogue permanent, significatif et très nécessaire entre les scientifiques et les décideurs des domaines de l'agriculture et de l'environnement. Plusieurs points relatifs aux liens entre les connaissances scientifiques et les politiques ont été réitérés :

- la nécessité de prendre des décisions stratégiques sur des bases scientifiques rigoureuses;
- un meilleur partage de l'expérience en matière de politiques entre les sphères de compétence;
- un meilleur partage de la technologie et la nécessité d'établir un centre de diffusion de l'information scientifique à jour exprimées dans un langage simple et concis;
- la communication, aux scientifiques, des besoins identifiés par ceux qui élaborent les politiques.

Il a été convenu, par l'ensemble des participants, que les politiques agroenvironnementales se devaient d'aller de pair avec l'évolution des connaissances scientifiques et des technologies. Les exigences du marché mondial et les économies d'échelle découlant de l'expansion et de la

spécialisation des fermes favoriseront l'adoption de solutions scientifiques et l'élaboration de nouvelles technologies pour réduire la pollution des cours d'eau d'origine agricole.

Il est essentiel que les progrès de la production agricole nécessaires à l'alimentation d'une population mondiale croissante ne devancent pas l'adoption de meilleures pratiques de gestion et d'autres mesures de contrôle visant à protéger l'environnement, et que les connaissances scientifiques les meilleures et les plus avancées soient systématiquement intégrées à l'élaboration de solutions concrètes.

Maintien du dialogue

Le CCME examine actuellement diverses avenues dans le but de maintenir voire d'élargir le dialogue amorcé pendant l'atelier.

Il est vraisemblable que les médias électroniques – notamment des sites internet spécialisés ou modifiés, des babillards électroniques, des forums de discussions avec modérateur et des listes de courriels à sujets particuliers ou à abonnement – s'avéreront être le moyen le plus pratique de favoriser la circulation de l'information. La possibilité de tenir, dans le cadre de certaines conférences, des ateliers de suivi ou des séances spécialisées à l'intention des scientifiques et des décideurs sera aussi examinée.

Table des matières

Contexte et aperçu de l'atelier iii

Remerciements iv

Résumé v

Introduction 1

Risques pour la qualité de l'eau découlant de l'agriculture au Canada 2
- Hydrologie et agriculture 3
- Érosion des sols 4
- Éléments nutritifs 5
- Biosolides des eaux usées 7
- Pesticides 8
- Organismes pathogènes 10
- Perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques à usage vétérinaire 12

Technologies pour réduire les impacts agricoles sur la qualité de l'eau 15
- Réduction de la teneur en éléments nutritifs des fumiers 15
- Traitement des fumiers 17
- Agriculture de précision 19

Politiques et mesures de réduction de la pollution de l'eau d'origine agricole 20
- Cadre stratégique pour l'agriculture 20
- Agriculture et Agroalimentaire Canada — Nouveaux programmes et plan d'activités 21
- Zones tampons imposées par législation — Île-du-Prince-Édouard 21
- Normes de fertilisation — Québec 22
- Environnement agricole durable — Alberta 22
- Stratégie pour les eaux douces — Colombie-Britannique 23

Science de l'eau et politiques 24

Maintien du dialogue 26

Bibliographie 27

ANNEXE 1 – Programme de l'atelier 31

ANNEXE 2 - Liste des participants 34

Introduction

L'eau est un élément clé de l'économie du Canada moderne : elle est une ressource essentielle à la production de nourriture; elle joue un rôle important dans pratiquement tous les processus industriels modernes et bon nombre de loisirs; et elle est indispensable au développement urbain. Elle est aussi indispensable à la santé et à la survie des plantes, des animaux et des humains. Au Canada, l'eau est généralement abondante et propre, mais il arrive qu'elle soit polluée au niveau local ou régional. Les eaux de surface et les eaux souterraines sont polluées par des rejets industriels et municipaux, par des eaux de ruissellement et d'infiltration en provenance des terres gérées à des fins agricoles ou forestières et par le dépôt de polluants aériens. La pollution a notamment pour effets la contamination de l'eau potable dans certaines régions, la fermeture de zones de récolte de mollusques sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique, la perte d'une partie des pêches des Grands Lacs, la réduction de la diversité des écosystèmes et la perte d'usage pour les loisirs.

Étant donné les inquiétudes suscitées par la qualité de l'eau et l'importance que les Canadiens accordent à cette ressource, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a récemment fait de la qualité de l'eau l'une de ses priorités. Le CCME est la principale tribune au Canada permettant de discuter et de prendre des mesures conjointes relativement à des questions environnementales d'intérêt national et international. Le Conseil est formé des ministres de l'environnement des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux. Le CCME favorise la collaboration et la coordination dans les dossiers intergouvernementaux (p. ex. la gestion des déchets, la pollution atmosphérique, la pollution de l'eau et les substances chimiques toxiques) et constitue un lieu de collaboration pour l'élaboration et la mise à jour de la base de connaissances scientifiques nécessaire à une saine prise de décisions en matière d'environnement. Dans le but de répondre aux préoccupations relatives à la protection de la qualité de l'eau, le CCME a récemment parrainé un atelier concernant les effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau.

Soixante-quinze pour cent des Canadiens sont très préoccupés par la qualité de leur eau potable et 68% sont très préoccupés par la pollution de l'eau (Goldfarb, 2001).

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement, en collaboration avec l'Institut national de recherche sur les eaux, a mis sur pied une série d'ateliers pour traiter des priorités en matière de qualité de l'eau afin de renforcer les liens entre les sciences de l'eau et les politiques.

L'agriculture fait partie intégrante de la société canadienne, contribuant de façon importante à l'économie, aux collectivités rurales et à la sécurité alimentaire. Le caractère durable de la production agricole pour l'environnement constitue cependant un enjeu important dans le secteur agricole. Plusieurs techniques agricoles ont fait l'objet de progrès très importants au cours du dernier siècle. On compte notamment l'apparition des variétés à haut rendement, des engrais chimiques, des pesticides, de l'irrigation et de la mécanisation. Cela a donné lieu à une spécialisation de plus en plus importante des opérations agricoles, de sorte que l'on met maintenant l'accent sur l'élevage ou la culture intensive. La production végétale exige actuellement des quantités considérables d'intrants chimiques (engrais et pesticides). Dans le cas des opérations d'élevage intensif, l'insuffisance des superficies de terres agricoles à proximité ont fait que les fumiers sont maintenant considérés à certains endroits comme des déchets devant être éliminés

plutôt que comme un engrais et un amendement des sols. Ces problèmes, auxquels s'ajoute la culture de terres marginales, s'expliquant en partie par la perte de terres agricoles de grande valeur pour cause d'urbanisation, ont fait naître des inquiétudes quant aux effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau.

On trouve dans le présent document les résultats d'un atelier parrainé par le CCME – *Science de l'eau et politiques : Effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau* – tenu les 31 janvier et 1er février 2002 à Québec (Annexe 1). L'atelier avait pour objectifs de :

- présenter l'état des recherches actuelles aux décideurs et à ceux qui formulent les politiques ;
- veiller à ce que la recherche soit en accord avec les besoins de ce groupe d'utilisateurs;
- préciser les prochaines priorités de recherche;
- définir un processus permanent d'information et de communication.

Environ 70 représentants de ministères provinciaux et fédéraux de l'environnement et de l'agriculture, d'autres ministères fédéraux, d'universités, de groupes d'intéressés et d'organismes du secteur privé y ont participé. Les exposés, les discussions en groupe et les discussions générales ont porté sur les incidences des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau, notamment sur le rôle de l'agriculture en tant que source d'organismes pathogènes, de pesticides et d'éléments nutritifs dans les eaux de surface et souterraines. Il a aussi été question du rôle des nouvelles technologies dans la réduction de ces incidences et de la capacité des réglementations nouvelles ou proposées à protéger l'environnement. Le rapport fait la synthèse de l'information présentée au cours de ces deux jours d'échange et de discussion concernant les effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau au Canada.

Risques pour la qualité de l'eau découlant de l'agriculture au Canada

Le nombre de fermes a diminué au Canada au cours des 40 dernières années, mais celles qui restent sont plus grandes et plus productives. Cette transformation a été rendue possible par une mécanisation accrue, l'utilisation d'engrais minéraux et de pesticides, la culture de variétés nouvelles et supérieures et l'adoption de pratiques culturales novatrices. Avec le temps, certains de ces progrès ont compromis le bon état de l'environnement, y compris la qualité de l'eau. Les incidences de l'agriculture sur les ressources en eau s'expliquent par :

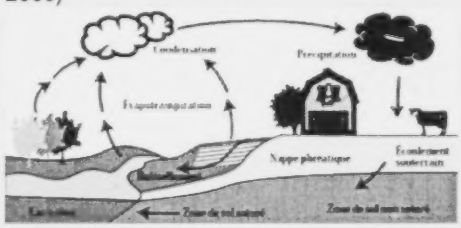
- la nécessité de disposer de plus d'eau (terres semi-arides) ou d'éliminer l'eau en excès (terres humides);
- le besoin en éléments nutritifs et/ou en matières organiques supplémentaires (sous forme d'engrais minéraux, de fumier, de compost, de boues d'eaux usées) afin de maintenir la qualité du sol et d'accroître sa productivité;
- l'utilisation de pesticides (fongicides, herbicides et insecticides) pour lutter contre les maladies, les mauvaises herbes et les insectes;
- la modification des conditions du sol découlant de son travail et du système cultural;
- le drainage des terres humides et la canalisation des cours d'eau afin d'accroître la superficie des terres productives.

Dans certaines régions, ces activités ont accru les possibilités d'érosion des sols et de pertes d'éléments nutritifs, de pesticides, d'organismes pathogènes et de produits pharmaceutiques à usage vétérinaire qui se déplacent des terres agricoles vers les eaux de surface et les eaux souterraines.

Hydrologie et agriculture

La connaissance des processus hydrologiques est essentielle à la compréhension des incidences de l'agriculture sur la qualité de l'eau car la plupart des contaminants sont transportés dans l'eau à partir des champs ou de l'atmosphère. Les effets de l'agriculture sur les volumes d'eau peuvent aussi influer indirectement sur la qualité de l'eau de par la concentration ou la dilution des contaminants. Les éléments du cycle hydrologique les plus pertinents en ce qui a trait à l'agriculture et à la qualité de l'eau sont l'évaporation (plus précisément l'évapotranspiration des cultures et l'évaporation à partir d'un sol dénudé), l'emmagasinement dans le sol et le partage entre les eaux d'infiltration et de ruissellement. La modification d'un des éléments du cycle se répercute sur les autres.

Agriculture et cycle hydrologique. (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000)



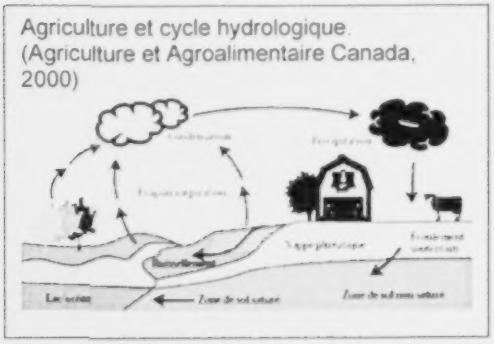
L'irrigation et le drainage sont des modifications volontaires du cycle hydrologique par l'agriculture. Dans le cas de l'irrigation, les eaux de surface ou souterraine sont déplacées artificiellement et transformées en précipitations. Les réseaux de drainage souterrains captent l'eau de percolation alimentant normalement la nappe phréatique pour la transférer vers les eaux de surface. Ceci accélère le processus naturel par lequel une partie de l'eau qui percole vers les eaux souterraines peut lentement retourner vers les eaux de surface en alimentant le débit de base.

Plusieurs autres éléments du cycle hydrologique sont aussi modifiés de façon plus subtile par les pratiques de gestion agricole. Ainsi, la mise en jachère élimine la transpiration et donne lieu à une augmentation de la rétention d'eau par le sol qui peut se traduire par une augmentation de la percolation en profondeur et une réduction ultérieure de l'infiltration. La gestion des terres peut directement influer sur la répartition de l'eau entre l'infiltration et le ruissellement. Par exemple, le fait d'introduire *Bromus* sp. dans une zone en hauteur entourant des prairies humides peut donner lieu, après plusieurs années, à la disparition du ruissellement de printemps vers la zone humide à cause de la rétention de la neige par cette graminée à tige raide ainsi qu'à l'infiltration subséquente des eaux de fonte dans les sols situés dans les hautes terres. De façon semblable, le sol stable à structure poreuse qui se développe en zone de culture sans travail du sol peut accroître la capacité d'infiltration du sol et donc réduire le ruissellement comparativement à un sol travaillé de façon classique.

Le climat n'est pas le même dans toutes les régions du Canada et il en va de même de l'expression des cycles hydrologiques. Les plus importants déficits en eau des sols sont observés pour les sols du sud-ouest des Prairies et en Colombie-Britannique, tandis que le ruissellement le plus important se produit sur la côte de la Colombie-Britannique et dans le Canada atlantique. Ces différences climatiques et de gestion agricole conduisent à des impacts variés sur l'hydrologie. Dans la partie côtière de la Colombie-Britannique, c'est l'excédent d'eau qui constitue la principal défi hydrologique pour l'agriculture; une gestion agricole qui maximise son utilisation s'avère donc souhaitable. Au contraire, une utilisation efficace de l'eau est essentielle dans le cas des cultures horticoles irriguées qui croissent sous le climat semi-aride de

Hydrologie et agriculture

La connaissance des processus hydrologiques est essentielle à la compréhension des incidences de l'agriculture sur la qualité de l'eau car la plupart des contaminants sont transportés dans l'eau à partir des champs ou de l'atmosphère. Les effets de l'agriculture sur les volumes d'eau peuvent aussi influer indirectement sur la qualité de l'eau de par la concentration ou la dilution des contaminants. Les éléments du cycle hydrologique les plus pertinents en ce qui a trait à l'agriculture et à la qualité de l'eau sont l'évaporation (plus précisément l'évapotranspiration des cultures et l'évaporation à partir d'un sol dénudé), l'emmagasinement dans le sol et le partage entre les eaux d'infiltration et de ruissellement. La modification d'un des éléments du cycle se répercute sur les autres.



Agriculture et cycle hydrologique. (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000)

L'irrigation et le drainage sont des modifications volontaires du cycle hydrologique par l'agriculture. Dans le cas de l'irrigation, les eaux de surface ou souterraine sont déplacées artificiellement et transformées en précipitations. Les réseaux de drainage souterrains captent l'eau de percolation alimentant normalement la nappe phréatique pour la transférer vers les eaux de surface. Ceci accélère le processus naturel par lequel une partie de l'eau qui percole vers les eaux souterraines peut lentement retourner vers les eaux de surface en alimentant le débit de base.

Plusieurs autres éléments du cycle hydrologique sont aussi modifiés de façon plus subtile par les pratiques de gestion agricole. Ainsi, la mise en jachère élimine la transpiration et donne lieu à une augmentation de la rétention d'eau par le sol qui peut se traduire par une augmentation de la percolation en profondeur et une réduction ultérieure de l'infiltration. La gestion des terres peut directement influer sur la répartition de l'eau entre l'infiltration et le ruissellement. Par exemple, le fait d'introduire *Bromus* sp. dans une zone en hauteur entourant des prairies humides peut donner lieu, après plusieurs années, à la disparition du ruissellement de printemps vers la zone humide à cause de la rétention de la neige par cette graminée à tige raide ainsi qu'à l'infiltration subséquente des eaux de fonte dans les sols situés dans les hautes terres. De façon semblable, le sol stable à structure poreuse qui se développe en zone de culture sans travail du sol peut accroître la capacité d'infiltration du sol et donc réduire le ruissellement comparativement à un sol travaillé de façon classique.

Le climat n'est pas le même dans toutes les régions du Canada et il en va de même de l'expression des cycles hydrologiques. Les plus importants déficits en eau des sols sont observés pour les sols du sud-ouest des Prairies et en Colombie-Britannique, tandis que le ruissellement le plus important se produit sur la côte de la Colombie-Britannique et dans le Canada atlantique. Ces différences climatiques et de gestion agricole conduisent à des impacts variés sur l'hydrologie. Dans la partie côtière de la Colombie-Britannique, c'est l'excédent d'eau qui constitue la principal défi hydrologique pour l'agriculture; une gestion agricole qui maximise son utilisation s'avère donc souhaitable. Au contraire, une utilisation efficace de l'eau est essentielle dans le cas des cultures horticoles irriguées qui croissent sous le climat semi-aride de

l'intérieur de la Colombie-Britannique; la tendance consiste à mettre au point de meilleurs systèmes d'irrigation afin de conserver l'eau. Dans les Prairies, si la fonte des neiges est un événement crucial pour l'alimentation des eaux de surface, elle agit aussi sur l'alimentation des eaux souterraines. La fonte des neiges se produit sur des sols gelés dont les faibles taux d'infiltration sont régis par la teneur en eau du sol à l'automne. Les processus touchant la neige, tels son déplacement par le vent et sa sublimation, peuvent être modifiés par une gestion des chaumes qui influe sur l'accumulation et la répartition de la neige et, par conséquent, sur les proportions relatives des eaux d'infiltration et de ruissellement à mesure que la neige fond. Une grande partie des terres agricoles de l'Ontario et du Québec fait l'objet d'un drainage souterrain. L'effet combiné des voies d'écoulement préférentiel et du drainage souterrain peut donner lieu à la détection presque immédiate des épandages faits sur le sol dans l'effluent des drains agricoles. Ces processus peuvent nuire à la qualité de l'eau. Dans le Canada atlantique, les pratiques de lutte contre l'érosion, comme l'aménagement de terrasses et la culture en courbes de niveau, peuvent modifier l'hydrologie locale, mais les incidences de ces pratiques n'ont pas été étudiées.

La connaissance des voies préférentielles d'écoulement de l'eau et les volumes d'eau déplacés étant essentielle à la détermination de sa qualité, les modèles hydrochimiques utilisés devraient tenir compte des aspects hydrologiques. Bien que des modèles tenant compte à la fois de l'hydrologie et de la qualité de l'eau aient été élaborés, il ne peuvent être appliqués partout au Canada (notamment dans les Prairies) à cause du manque de connaissances sur l'hydrologie des régions froides. Des recherches sont actuellement en cours dans le but de caractériser l'hydrologie des Prairies aux fins de la modélisation de la qualité de l'eau. Un autre objectif de la modélisation de la qualité de l'eau a trait à l'identification des zones hydrologiquement actives qui alimentent des cours d'eau, des terres humides, des lacs et des nappes souterraines. Les meilleures pratiques de gestion pourront ensuite être appliquées à ces régions afin de réduire les incidences sur la qualité de l'eau.

Lacunes - hydrologie

Connaissance du risque :
- identification des zones actives du point du vue hydrologique
- identification des voies de transport critiques
- identification des zones d'alimentation des eaux souterraines
- détermination de la quantité relative d'eau se déplaçant par écoulement préférentiel
- incidences du changement climatique sur l'hydrologie

Gestion du risque :
- MPG adaptées aux zones hydrologiquement actives

Érosion des sols

L'érosion des sols a pour effet de déplacer la couche arable vers d'autres lieux. Il s'agit d'un processus naturel qui peut cependant être fortement accéléré par le travail du sol ou l'adoption de pratiques culturales énergiques, un état que l'on qualifie d'érosion accélérée ou anthropique. La combinaison de divers facteurs définit la vulnérabilité du paysage agricole à l'érosion, notamment le caractère érosif des précipitations, l'érodabilité du sol, la longueur et le gradient des pentes, le type de culture et les pratiques culturales, tous des facteurs donnant lieu à une variation considérable du risque d'érosion des sols dans l'ensemble du Canada. À l'échelle mondiale, l'érosion par l'eau est à l'origine de 56 % de toutes les formes de dégradation des sols. Les sols agricoles peuvent tolérer une certaine érosion sans que leur qualité ou leur productivité ne soient altérées puisque le processus de génération des sols se fait en continu. Au Canada, la limite tolérable d'érosion se situe

à 5 tonnes de sol/ha environ pour des sols agricoles bien formés, cette valeur étant moindre pour les sols minces ou déjà dégradés. L'érosion accélérée des sols conduit à un déclin généralisé de leur qualité en raison de la perte de matières organiques et nutritives, de la dégradation de sa structure, de sa compaction,d'une diminution de l'infiltration de l'eau et de l'accroissement du ruissellement au printemps et à la suite d'orages, ce qui se traduit par la formation de rigoles ou de ravines. Avec le temps, ces modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols peuvent entraîner une baisse de la qualité et du rendement des récoltes et la pollution de l'eau. Les incidences de l'érosion des sols sur les fermes ont été estimées à plusieurs millions de dollars par an et sont particulièrement importantes dans les provinces (Québec, Colombie-Britannique et Maritimes) où les sols de première qualité sont limités.

Pourcentage par province des terres canadiennes en culture susceptibles de subir de l'érosion hydrique dans le contexte des pratiques de gestion actuelles (données de 1996). (D'après Shelton et coll., 2000)

	% des terres par catégorie de risque				
	Tolérable moins de 6t/ha/an	Faible 6 à 11 t/ha/an	Modéré 11 à 22 t/ha/an	Élevé 22 à 33 t/ha/an	Grave plus de 33t/ha/an
C.-B.	56	19	19	5	1
Alb.	83	11	6	1	<1
Sask.	90	5	5	1	<1
Man.	89	4	4	1	2
Ont.	58	27	6	10	<1
Qc	88	9	3	0	0
N.-B.	48	30	14	5	3
N.-É.	72	15	10	<1	2
Î.-P.-É	59	23	19	0	0

Les effets de l'érosion par l'eau ne se limitent pas au sol. La qualité des plans d'eau récepteurs peut être altérée par des problèmes de turbidité et de sédimentation. Les sédiments érodés sont aussi très bons pour transporter des polluants comme les éléments nutritifs et les pesticides. Il est maintenant reconnu qu'une grande partie (>75 %) des pertes de phosphore par ruissellement est associée aux particules de sols érodés. Cela est également vrai pour bon nombre de pesticides.

Les liens existant entre l'érosion des sols et la pollution diffuse exigent des solutions communes. Les techniques de conservation des sols offrent un grand potentiel de lutte contre la pollution agricole diffuse, mais l'obtention d'une réduction appréciable et effective de cette pollution exige que l'adoption de telles pratiques fasse partie d'une démarche intégrée à l'échelle de la ferme et du bassin versant.

Lacunes – érosion des sols

Connaissance du risque :
- biodisponibilité des contaminants déplacés avec les sédiments érodés
- effets sur les écosystèmes aquatiques des pertes de sol acceptables du point de vue agronomique
- importance des eaux de fonte nivale pour les bilans annuels d'érosion

Contrôle du risque :
- possibilité que les pratiques de conservation des sols agissent à l'échelle du bassin versant

Gestion du risque :
- outils de modélisation pour la gestion stratégique des zones problèmes

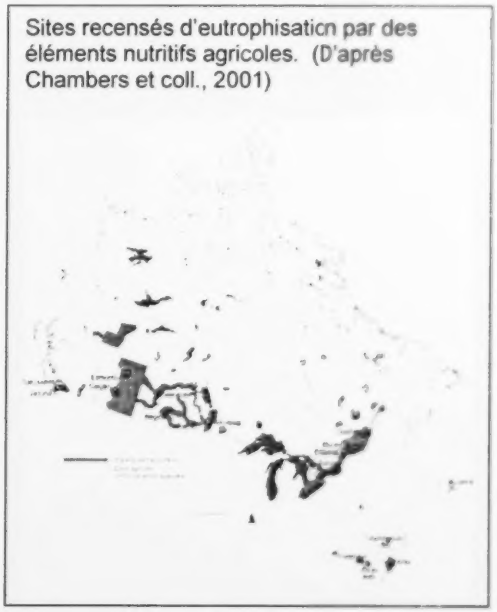
Éléments nutritifs

Les éléments nutritifs sont des éléments chimiques essentiels à l'alimentation et à la croissance de tous les organismes. Des 16 éléments qualifiés d'éléments nutritifs, l'azote (N) et le phosphore (P) sont ceux qui sont les plus recherchés dans les écosystèmes terrestres et aquatiques peu affectés par les activités humaines. Jusqu'à tout récemment, la quantité de N et de P dont pouvaient disposer les végétaux et, par le fait même, les animaux, était limitée. La source de N la plus abondante, le N gazeux, ne peut être utilisée par les plantes qu'une fois l'azote fixé par certaines

bactéries ou algues sous forme d'ammonium ou de nitrate. De façon similaire, les composés minéraux phosphorés qui constituent la plus grande source de P ne deviennent accessibles qu'à la suite de l'altération chimique des minéraux. Par conséquent, le N ou le P étaient des éléments nutritifs limitants dans la plupart des écosystèmes avant l'arrivée de l'être humain et du développement agricole. L'ajout de N et de P aux écosystèmes touchés par les activités humaines a donné lieu à une détérioration de la qualité de l'eau.

L'agriculture peut accélérer le déplacement des éléments nutritifs vers les eaux de surface ou les eaux souterraines, notamment lorsqu'il y a surutilisation d'engrais ou lorsque la gestion des fumiers est inadéquate. Bien que l'ajout d'engrais et de fumiers aux sols agricoles soit essentiel au maintien du bon état du sol et à l'obtention de rendements optimaux, une application qui excède les besoins des plantes peut donner lieu à une accumulation des éléments nutritifs dans le sol et à leur perte dans l'environnement. L'azote ne devient disponible aux cultures que lorsqu'il est sous une forme soluble dans l'eau, comme les nitrates. À cause de leur solubilité, les nitrates non utilisés par les plantes peuvent être lessivés sous la zone racinaire pour atteindre les eaux souterraines. Le phosphore peut se dissoudre dans l'eau ou demeurer sous forme particulaire fixée aux particules du sol. Il peut donc être exporté des surfaces agricoles sous une forme dissoute dans l'eau de ruissellement ou fixé aux particules de solérodées.

Le P et le N qui quittent les sols agricoles peuvent donner lieu à une augmentation de leurs concentrations dans les eaux de surface et donc entraîner leur eutrophisation, un état caractérisé par une croissance excessive des plantes aquatiques qui, à son tour, se traduit par des pertes d'habitats d'autres organismes aquatiques, des modifications à la biodiversité et une baisse du potentiel récréatif. L'augmentation de la production de matières organiques qui résulte de l'ajout d'éléments nutritifs peut faire baisser la teneur en oxygène de l'eau suffisamment pour menacer la survie du poisson. Des concentrations élevées d'éléments nutritifs sont l'un des nombreux facteurs *à l'origine* des blooms d'algues, qui sont toxiques lorsque ingérés ou en contact avec la peau.



Sites recensés d'eutrophisation par des éléments nutritifs agricoles. (D'après Chambers et coll., 2001)

Les concentrations élevées de certaines formes d'azote peuvent s'avérer toxiques pour l'être humain et les organismes aquatiques. Les eaux souterraines contiennent naturellement des nitrates, mais l'agriculture peut accroître les teneurs de cette substance. Environ huit millions de canadiens, soit 26% de la population, utilisent l'eau souterraine pour satisfaire leurs besoins domestiques en eau d'approvisionnement. On observe dans toutes les provinces une contamination d'une partie des eaux souterraines par les nitrates (>10 mg L^{-1} N sous forme de nitrates). Bien que les nitrates eux-mêmes soient peu toxiques, ils peuvent être transformés en nitrites dans le l'appareil digestif des jeunes enfants et des ruminants

(p. ex. boeufs et moutons), lesquels sont toxiques. Les nitrates peuvent aussi être toxiques pour les organismes aquatiques. La teneur en nitrates d'environ 20 % des échantillons d'eau de surface provenant du bassin des Grands Lacs était suffisamment élevée pour provoquer des anomalies de développement et celle de 3 % des échantillons était suffisamment élevée pour tuer des amphibiens. Aux nitrates s'ajoute l'ammoniac non ionisé qui à des concentrations supérieures à 2-3 mg L^{-1} est toxique pour les organismes aquatiques. Si l'on fait exception des zones de mélange en aval de certains points de rejet d'égouts municipaux ou de certaines eaux où se déversent des fumiers ou engrais par ruissellement, les concentrations élevées d'ammoniac non ionisé sont rares au Canada.

Lacunes – éléments nutritifs

Connaissance du risque :
- voies d'écoulement préférentiel des éléments nutritifs entre les sols agricoles et l'eau
- modèles de prévision des effets de la charge nutritive sur le biote aquatique pour divers types de plans d'eau

Contrôle du risque :
- modèles de prévision et moyens de dépistage rapides des blooms d'algues nuisibles

Gestion du risque :
- élaboration de techniques de traitement des fumiers
- nouvelles technologies pour la récupération du N et du P
- efficacité accrue de l'utilisation des éléments nutritifs par les plantes et les animaux
- meilleures pratiques de gestion pour réduire la perte d'éléments nutritifs par ruissellement et infiltration

Les problèmes environnementaux causés par des quantités excessives d'éléments nutritifs sont actuellement moins importants au Canada que dans d'autres pays où le peuplement et l'agriculture existent depuis plus longtemps. Cette situation s'explique par notre population relativement faible comparativement à la superficie du pays de même que par les mesures de protection appliquées par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux depuis 30 ans. Il est cependant essentiel que les gains obtenus par l'amélioration du traitement des eaux usées et par d'autres mesures de contrôle de la pollution ne soient pas annulés par un assouplissement des normes ou le fait de ne pas suivre le rythme de la croissance de la population.

Biosolides des eaux usées

Les biosolides des eaux usées sont les résidus qui restent après le traitement des eaux usées municipales . On y retrouve un ensemble de contaminants, notamment des matières organiques et inorganiques, des éléments nutritifs, des métaux à l'état de traces et des organismes pathogènes. Les biosolides doivent être retirés des usines de traitement des eaux usées, mais les possibilités d'en disposer sont limitées. Ils peuvent être enfouis dans une décharge (élimination), détruits dans un incinérateur (élimination) ou épandus sur le sol à titre d'engrais ou d'amendement (réutilisation utile). La production canadienne actuelle de biosolides est estimée à 667 000 tonnes sèches par an; de cette quantité, environ 22 % sont enfouies, 18 % incinérées et 49 % épandues sur les sols. Le reste, soit 11 %, n'est pas comptabilisé ou s'accumule dans les bassins de traitement des usines d'où les biosolides sont retirés de temps à autre et mis en décharge ou épandus sur des terres.

Une plus grande sensibilisation de la population à l'environnement et des programmes de recyclage parrainés par les gouvernements ont donné lieu à une réduction de la mise en décharge et de l'incinération des biosolides. Cela s'est traduit par une demande accrue pour l'épandage de ces matières. Les éléments nutritifs, les métaux à l'état de traces, les organismes pathogènes et les composés

organiques présents dans les biosolides épandus sur les sols exigent cependant une gestion attentive afin d'éviter des problèmes sanitaires et environnementaux. Des lignes directrices provinciales visant les matières distribuées gratuitement de même qu'une réglementation fédérale touchant leur vente ont été élaborées dans le but de contrer ces problèmes. Les lignes directrices et la réglementation encadrent à la fois la qualité des biosolides et les taux d'application recommandés au moment de leur épandage.

Les biosolides épandus sur les sols au Canada et aux États-Unis le sont surtout à titre de source d'azote pour les cultures. Ceci a donné lieu à la définition de taux d'épandage basés sur les besoins en N des cultures et de limites annuelles ou cumulatives de métaux traces dans les sols. Des études effectuées dans les deux pays ont montré que l'épandage de biosolides effectué conformément aux lignes directrices et à la réglementation représentait un très faible risque de contamination des eaux de surface ou souterraines par l'azote. De même, le P, les métaux traces et les organismes pathogènes posent un risque minime pour ces eaux à cause de leur forte adsorption sur les matières solides. La contamination des eaux a cependant été observée lors de circonstances exceptionnelles. Une contamination des eaux de surface a été notée après de fortes pluies qui ont entraîné le ruissellement des biosolides épandus en surface, tandis q'une contamination des eaux de drainage et été notée peu de temps après l'épandage de biosolides liquides sur des sols secs et fissurés qui n'avaient pas été travaillés préalablement à l'épandage. Les meilleures pratiques de gestion doivent être respectées afin d'éviter que les risques associés aux circonstances exceptionnelles puissent survenir au moment de l'épandage de biosolides ou d'autres amendements des sols, tels le fumier, les engrais et les pesticides.

Au Canada, l'épandage des biosolides des eaux usées est plus réglementé que les autres pratiques agricoles et fera sans doute l'objet d'un examen de plus en plus minutieux à mesure que des règlements sur la gestion des éléments nutritifs seront adoptés un peu partout au pays. Il est fort peu probable que l'utilisation agricole de ces matières constitue ou puisse devenir un facteur appréciable de dégradation de l'eau au Canada. Les sols à drainage souterrain présentant des macropores font l'objet d'un travail du sol avant l'épandage de biosolides sous forme liquide afin de réduire les possibilités de contamination de l'eau souterraine.

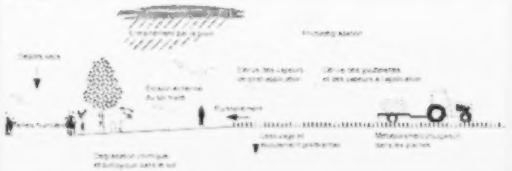
Pesticides

Les pesticides font partie intégrante de la plupart des systèmes de production végétale et animale au Canada. Au cours des dernières décennies, leur utilisation est devenue la méthode privilégiée pour lutter contre les mauvaises herbes, les insectes et les maladies qui réduisent la productivité des cultures et des élevages. Les herbicides représentent environ 85 % des ventes de pesticides au Canada, et environ 70 % des pesticides vendus sont utilisés dans la région des Prairies. Les hivers froids et les saisons de croissance relativement sèches qui caractérisent cette région inhibent la dégradation microbienne et chimique des pesticides qui se retrouvent dans l'atmosphère et les systèmes aquatiques. Les pesticides peuvent migrer des surfaces agricoles vers le milieu environnant par voie atmosphérique pendant ou après leur application; dans les eaux réceptrices de surface par ruissellement de l'eau de fonte des neiges, des précipitations et des eaux d'irrigation; ou encore dans les eaux souterraines par lessivage ou écoulement préférentiel.

Les pertes de pesticides dans l'atmosphère pendant et après leur application peuvent varier de moins de 5 % à plus de 25 % de la quantité utilisée. Les pertes par dérive varient de moins de 2 % à 5 % de la

quantité appliquée lorsqu'on utilise des méthodes d'application modernes en respectant les conditions environnementales et opérationnelles recommandées. Les anciens modes d'application pouvaient donner lieu à des pertes par dérive supérieures à 15 %. Les pertes par vaporisation après application sont surtout fonction de la pression de vapeur du pesticide et de son incorporation au sol. Ces pertes peuvent varier de moins de 1 %, pour les pesticides polaires à faible pression de vapeur, à plus de 25 %. Les pesticides peuvent aussi passer dans l'atmosphère suite à l'érosion éolienne de sols traités. Les concentrations de pesticides dans les précipitations peuvent parfois être supérieures aux lignes directrices de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

Cheminement des pertes de pesticides à partir des terres agricoles (Tiré de Headley *et al.* 1998. Utilisé avec la permission de John Wiley & Sons Inc.)



Les pesticides transportés vers les eaux de surface par le ruissellement proviennent de la zone d'interaction du sol et des eaux de ruissellement (premier 0,5 à 1 cm du sol). Les pertes par ruissellement dépassent rarement 1 % de la quantité appliquée et sont fonction de la solubilité dans l'eau du pesticide, des propriétés du sol et du temps écoulé entre l'application du pesticide et l'apparition du ruissellement. Les eaux de ruissellement des terres agricoles atteignent généralement des eaux réceptrices se présentant sous forme de fosses ou d'étangs de ferme, de terres humides, de lacs et de cours d'eau. La présence de pesticides dans un plan d'eau peut donc s'expliquer tant par un apport atmosphérique que par le ruissellement.

Les plans d'eau du Canada sont contaminés par des pesticides. Une étude réalisée de 1996 à 1998 en Saskatchewan montre que les fréquences de détection et les concentrations de certains herbicides dans des terres humides de fermes où l'utilisation d'herbicides était importante (travail du sol minimum), moyenne (travail conventionnel) et nulle (culture organique) étaient semblables. Le dépôt atmosphérique pourrait bien expliquer tant les concentrations que la répartition relativement uniforme des herbicides dans tous les types de paysages. Un inventaire réalisé en Alberta en 1994 montre que 48 % de 103 fosses de ferme présentaient des concentrations d'herbicides décelables. Des 25 fosses examinées en Saskatchewan (de 1987 à 1989 et de 1994 à 1996), toutes présentaient des concentrations décelables d'au moins un herbicide à un moment donné de la saison de croissance. En Ontario, 63 % des 212 étangs de ferme échantillonnés de 1971 à 1985 étaient contaminés par des pesticides. Dès les années 1970, on décelait fréquemment la présence d'atrazine et de son métabolite, le dééthylatrazine, dans des cours d'eau du Québec et de l'Ontario. Plusieurs autres pesticides étaient aussi décelés dans des cours d'eau de l'Ontario. Toujours en Ontario, on a plus tard signalé la contamination des rivières Grand, Saugeen et Thames (1981 à 1985) et de la rivière Payne (1991 et 1992). En Alberta, 27 cours d'eau ont été échantillonnés en 1995 et 1996 et une corrélation directe entre les teneurs en pesticides des cours d'eau et les apports agricoles dans les bassins versants a été établie. Des herbicides ont aussi été décelés dans plusieurs petits lacs de l'Alberta (1995 et 1996).

Les pesticides pénètrent dans le sol par lessivage et écoulement préférentiel. Les principales voies d'écoulement préférentiel sont les fissures, les galeries creusées par les insectes ou les animaux et les cavités laissées par les racines des plantes en décomposition. Ce type d'écoulement

explique la contamination de certaines eaux souterraines par les pesticides au Canada. Dans la vallée du fleuve Fraser, en Colombie-Britannique, des pesticides ont été décelés dans 2 % des 75 puits privés et des 192 puits de collectivité ayant fait l'objet d'un contrôle en 1992 et 1993. En Alberta, 3 % des 824 puits de ferme (données de 1995 et 1996) présentaient des concentrations décelables d'herbicides. Des pesticides ont été décelés dans 26 % de 184 puits de ferme de la Saskatchewan (1996) alimentés par des aquifères peu profonds sans confinement hydraulique ou physique. En Ontario, des herbicides ont été décelés dans 11,5 % des 1 204 puits de ferme (1992) dont la majorité était située dans des zones d'agriculture intensive. Une étude réalisée en 1990 a montré que 38 % des puits contrôlés en Nouvelle-Écosse présentaient des concentrations décelables d'herbicides. Au Québec, des pesticides ont été décelés dans 55 à 78 % des échantillons prélevés, de 1999 à 2001, dans des puits privés situés en zones de culture de pommes de terre. Les limites des recommandations pour la qualité de l'eau étaient dépassées dans environ 24 % des échantillons prélevés dans quatre cours d'eau situés en zone agricole (drainant surtout des champs de maïs), tandis que les critères pour l'eau potable étaient dépassés dans 1,7 à 4,9 % de ces échantillons.

Les concentrations de pesticides dans les eaux de surface et les eaux souterraines du Canada sont rarement supérieures aux valeurs recommandées pour la qualité de l'eau potable. Il faut cependant noter que Santé Canada n'a pas encore adopté de lignes directrices pour plusieurs pesticides et que les recommandations canadiennes pour l'eau potable sont parmi les moins sévères du monde occidental. Ainsi, les pays de l'Union européenne ont adopté une directive générale sur la qualité de l'eau potable de 0,1 µg/L pour tout pesticide. Pour certains pesticides, les limites canadiennes sont supérieures de trois ordres de grandeur. L'Union européenne a aussi adopté une ligne directrice sur la qualité de l'eau potable limitant à 0,5 µg/L la concentration totale de tous les pesticides présents. Les recommandations canadiennes actuelles pour l'eau potable ne visent pas les mélanges de pesticides. On pourrait soutenir que les recommandations pour la qualité de l'eau visant les pesticides devraient, à tout le moins, refléter les bonnes pratiques de gestion touchant l'utilisation de ces produits. Les systèmes d'application des pesticides et les pratiques de gestion des ravageurs actuels font en sorte que les concentrations de pesticides dans les eaux de surface et souterraines des Prairies, ayant pour origine une pollution diffuse, sont rarement supérieures à 5 µg/L.

Lacunes - pesticides

Connaissance du risque :
- importance toxicologique d'une exposition à long terme à de faibles niveaux de substances chimiques
- effets synergiques possibles des mélanges de produits chimiques
- risques associés aux pesticides génétiquement ciblés pour les organismes non visés

Contrôle du risque :
- surveillance ciblée des résidus de pesticides dans l'environnement afin de connaître leur évolution temporelle et de mieux évaluer les dangers
- élaboration de meilleures méthodes de laboratoire pour la détection et la mesure des nouveaux pesticides utilisés à faible dose

Gestion du risque :
- modèles de caractérisation des mécanismes de transport, des quantités et de la persistance des pesticides dans les systèmes aquatiques
- modèles de prévision de l'impact des modification des pratiques agricoles sur les systèmes aquatiques

Organismes pathogènes

Le risque de contamination de l'eau par les organismes pathogènes, qui sont présents

dans les déjections animales et les biosolides des municipalités et qui sont épandus sur les terres agricoles, pose un problème de réglementation important. L'intensification de la production animale, notamment dans les zones d'urbanisation rapide, et les incidents très médiatisés de maladies transmises par l'eau attirent de plus en plus l'attention du public. L'une des principales préoccupations en matière de santé humaine et d'environnement a trait à la possibilité que des organismes pathogènes présents dans les fumiers survivent dans les sols agricoles et migrent ensuite dans les eaux de surface ou souterraines. La possibilité que des bactéries résistantes aux antibiotiques soient plus abondantes dans les sols agricoles sur lesquels on a épandu des fumiers provenant d'animaux traités et que cette présence favorise l'apparition d'une résistance chez des organismes pathogènes pour l'être humain est aussi source de grandes inquiétudes.

Les microorganismes pathogènes présents dans le fumier du bétail et de la volaille comprennent des bactéries, des protozoaires et des virus entériques. Le type et l'abondance des organismes pathogènes présents dans les déchets agricoles sont extrêmement variables et fonction de nombreux facteurs, notamment le type de bétail ou de volaille, leur état de santé et les pratiques d'entreposage des déchets. La biologie, la taille, la persistance dans l'environnement et la dose infectieuse des bactéries, protozoaires et virus présentent de grandes variations, ce qui est un aspect à prendre en considération pour comprendre et gérer le risque de contamination des eaux environnantes.

Les matières fécales sont généralement composées de plus de 30 % de bactéries (poids sec), ce qui équivaut à un taux de production de 10^{11}/g de matières fécales en poids sec. Les concentrations bactériennes types du lisier de porc liquide entreposé sont de 10^{13} bactéries/L de boue liquide et l'épandage de ces boues dans des champs agricoles, au taux habituel de 2 L/m^2, donne lieu à l'application de 2 x 10^{13} bactéries/m^2 de sol environ. Par ailleurs, une très petite fraction de ces bactéries est probablement pathogène et, même au sein d'une espèce bactérienne donnée, les déterminants pathogènes peuvent ne pas être largement répandus. Parmi les sérotypes actuels de *E. coli*, qui sont plus de 140, seulement 11 environ sont responsables de causer des maladies gastro-intestinales chez l'être humain.

Production estimée de bactéries coliformes fécales dans le fumier du bétail, 1996 (D'après Statistique Canada, 2001).

Les protozoaires pathogènes d'origine fécale sont moins nombreux que les bactéries, sont plus gros et, à certaines étapes de leur cycle de vie (p. ex. cystes et oocystes), peuvent persister plus longtemps dans l'environnement. Les *Cryptosporidium* et les *Giardia* sp. sont les protozoaires parasites les plus fréquemment observées dans l'eau contaminée par des eaux usées ou des déjections animales.

Les pathogènes viraux se distinguent par leur très petite taille et l'obligation d'être associés à un hôte, car leur reproduction ne peut se faire que dans des cellules vivantes. Les virus entériques infectent le tractus gastro-intestinal des humains et des animaux et sont excrétés avec les fèces. On connaît plus de 100 types de virus entériques et il est probable que les souches qui infectent les animaux

n'infectent pas, de façon générale, les humains.

L'agriculture s'en remet au sol pour inactiver les organismes pathogènes avant que ces derniers n'atteignent les eaux de surface ou souterraines. Ces organismes doivent être vivants pour infecter un organisme. Ils ont évolué pour survivre dans un hôte et non dans l'environnement. Les sols et l'eau sont donc des environnements qui leur sont hostiles et ils y subissent une pénurie de nourriture, la prédation et des conditions physiques défavorables à leur survie. Leur grande taille, comparativement aux contaminants chimiques, réduit leur déplacement au sein de la matrice du sol et, par conséquent, leur migration en profondeur vers les eaux souterraines. Lorsqu'il y a déplacement vertical, celui-ci tend à s'effectuer le long des voies d'écoulement préférentiel (p. ex. fissures et biopores du sol qui permettent le déplacement rapide de l'eau en profondeur) ou par écoulement de surface. En dépit de leur faible taux de survie et de déplacement dans l'environnement, des microorganismes pathogènes ont été détectés dans des eaux souterraines, alors que 10 à 46 % des puits ruraux de toutes les provinces canadiennes présentaient un nombre de coliformes totaux supérieur au critère canadien pour la qualité de l'eau, ce qui porte à croire à une forte incidence de pollution fécale.

Diverses incertitudes rendent difficile l'évaluation du risque pour l'eau . Le type et l'abondance des organismes pathogènes présents dans les effluents agricoles varient en fonction du mode de gestion des fermes . Les microorganismes indicateurs qui servent à déceler la pollution fécale ne sont sans doute pas représentatifs de tous les organismes pathogènes à risques . La détermination certaine de la source d'une pollution fécale peut s'avérer complexe, notamment dans les régions rurales où les fosses sceptiques sont courantes. La persistance et la mobilité dans l'environnement des organismes pathogènes sont variables et difficiles à caractériser, surtout si l'on vise à la fois les virus, les bactéries et les protozoaires pathogènes. La prévision du risque doit prendre en compte le type et la densité de l'élevage, son emplacement par rapport aux sources d'eau et les caractéristiques physiques du bassin versant. Une meilleure caractérisation et gestion du risque sont nécessaires pour mieux comprendre la persistance des organismes pathogènes dans les fumiers pendant leur entreposage et leur épandage subséquent.

Lacunes – organismes pathogènes

Connaissance du risque :
- persistance des organismes pathogènes dans l'environnement
- écologie des virus pathogènes dans l'environnement
- méthodes pour la mise à niveau des indicateurs

Contrôle du risque :
- méthode pour le contrôle des organismes pathogènes dont le suivi est plus difficile
- contrôle de la présence et de l'abondance des organismes pathogènes dans l'environnement

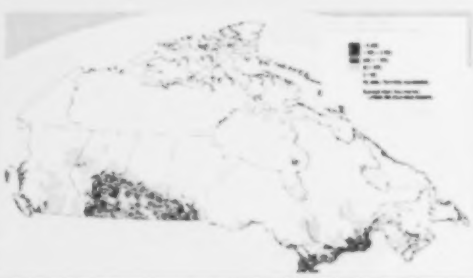
Gestion du risque :
- réexamen des meilleures pratiques de gestion pour l'épandage sur les sols
- connaissance des méthodes d'entreposage des fumiers et de la persistance des organismes pathogènes
- méthodes pour la réduction de la production d'organismes pathogènes par les animaux

Perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques à usage vétérinaire

Les perturbateurs endocriniens, les produits pharmaceutiques à usage vétérinaire et les produits connexes n'étaient pas antérieurement perçus comme des polluants de l'environnement. Comme ces substances n'étaient présentes dans l'environnement qu'à de très faibles concentrations, on pensait qu'elles présentaient peu de danger. Mais une

exposition continue, même à de très faibles doses, peut avoir des effets biologiques appréciables, surtout au cours des stades de développement les plus sensibles. Les perturbateurs endocriniens et les produits pharmaceutiques se retrouvent dans l'environnement à la suite du rejet des eaux usées d'origine humaine (qui contiennent des hormones naturelles et des produits pharmaceutiques) et des eaux de ruissellement ou d'infiltration des sols traités au fumier (qui contient des produits pharmaceutiques destinés à améliorer l'état de santé des animaux et accroître la production de nourriture, en plus des hormones naturelles excrétées par le bétail). Il existe actuellement peu de données sur la répartition géographique d'un certain nombre de ces substances dans l'environnement canadien. Malgré le faible niveau d'information disponible, cette problématique a été identifiée en tant que risque potentiel élevé pour la qualité des eaux canadiennes.

Production totale estimée de fumier du bétail, 1996 (Adapté de Statistique Canada, 2001).



Les perturbateurs endocriniens sont des composés qui peuvent agir sur le système endocrinien et, par conséquent, nuire à la croissance, à la reproduction et au développement. Le système endocrinien est un réseau complexe de signaux et de messages chimiques en fonction chez les poissons, les invertébrés, les oiseaux et les mammifères. Il régit un grand nombre de réponses et de fonctions à effets immédiats ou de longue durée (notamment la croissance, le développement embryonnaire et la reproduction). Ces perturbateurs peuvent altérer ou perturber les systèmes endocriniens comme suit : en imitant, complètement ou en partie, l'effet des hormones; en bloquant, empêchant ou modifiant la fixation des hormones sur leurs récepteurs; en altérant la production et la dégradation des hormones naturelles; ou en modifiant la formation et le fonctionnement des récepteurs hormonaux. Les effets suivants ont été notés sur le développement et la reproduction d'animaux sauvages au Canada :

- malformation et mortalité embryonnaires chez des oiseaux et des poissons exposés à des produits chimiques industriels ou à des insecticides organochlorés;
- altération de la reproduction et du développement chez des poissons exposés à des effluents d'usines de pâtes et papiers;
- développement anormal de mollusques exposés à des substances antisalissures appliquées sur la coque des navires;
- réduction des fonctions thyroïdienne et immunitaire chez des oiseaux piscivores des Grands Lacs;
- féminisation de poissons exposés à des effluents municipaux.

Les données disponibles portent à croire que de tels effets pourraient se produire chez l'être humain, mais l'hypothèse voulant que ces effets soient attribuables à une contamination du milieu ne repose que sur des preuves indirectes.

Parmi les perturbateurs endocriniens connus ou présumés, on compte les dioxines et les BPC, plusieurs pesticides maintenant bannis, comme le DDT et le chlordane, et certains autres produits chimiques de synthèse, comme des ingrédients qui entrent dans la composition des pesticides, et des produits chimiques se trouvant dans les boues résiduaires épandues sur les sols. Des hormones

naturelles, comme les oestrogènes, sont excrétées avec les déjections animales et peuvent avoir un effet perturbateur si elles sont présents à de fortes concentrations dans les eaux de surface. L'agriculture pourrait donc être source de perturbateurs endocriniens dans l'environnement de par l'utilisation de pesticides et l'application de déchets biologiques (fumiers et biosolides) sur les terres. Les déjections animales peuvent contenir des teneurs élevées d'hormones naturelles (p. ex. 17β-estradiol et oestrone) et de phytoestrogènes (p.ex. équol). Les biosolides des boues résiduaires peuvent contenir une grande variété de produits pharmaceutiques (p. ex. 17α-éthynylestradiol) et des produits chimiques industriels comme les alkyphénols. Bon nombre de ces composés sont facilement biodégradables dans le sol dans certaines conditions de température et d'humidité et devraient rapidement disparaître des sols agricoles aérés qui ont fait l'objet d'une application de fumier ou de biosolides de boues municipales pendant la saison de croissance tempérée. Une meilleure caractérisation et gestion du risque exigera de mieux connaître la persistance, le transport et l'importance écologique des perturbateurs endocriniens après épandage sol.

Aux effets directs des produits pharmaceutiques, s'ajoute la grande utilisation de médicaments antimicrobiens qui peuvent favoriser le développement d'une résistance aux antibiotiques. Des produits antimicrobiens (antibiotiques et autres) sont souvent administrés à faibles doses pour améliorer la croissance des animaux d'élevage, accroître la production alimentaire, lutter contre des infections généralement impossibles à déceler sans examen clinique et prévenir les maladies. La résistance aux antibiotiques apparaît lorsque des bactéries transfèrent des gènes de résistance à des bactéries non apparentées, y compris à des bactéries pathogènes connues. L'épandage de fumier sur les terres agricoles se traduit par de faibles concentrations stables dans l'environnement pour un large éventail d'antibiotiques . En bout de ligne, ce phénomène favorise une plus importante prolifération des bactéries résistantes aux antibiotiques (bactéries pathogènes et non pathogènes) comparativement aux bactéries qui n'ont pas acquis le gène de résistance. Comme le nombre de médicaments antimicrobiens est limité et que les mêmes médicaments, ou des produits apparentés sont souvent utilisés pour traiter autant les animaux que les humains, on s'est inquiété de la possibilité que des organismes pathogènes résistants à ces médicaments puissent infecter les humains, le bétail ou d'autres animaux. Afin d'éviter l'apparition de résistances, l'Union européenne a interdit l'utilisation non thérapeutique des produits antimicrobiens en production animale, lesquels sont aussi utilisés en médecine humaine. Les études établissant un lien direct entre des maladies humaines attribuables à une résistance aux médicaments et une source de résistance chez les animaux d'élevage sont rares, mais certains faits connexes, à savoir :

- les porcs qui reçoivent des médicaments présentent une proportion plus élevée de bactéries résistantes aux antibiotiques dans leurs viscères,
- la litière de volaille contient une proportion élevée de bactéries résistantes aux antibiotiques,
- les bactéries se trouvant dans les eaux souterraines voisines des porcheries peuvent présenter une résistance accrue aux antibiotiques,
- la présence de nombreux antibiotiques dans les sols et les eaux de surface partout dans le monde,

ont semé de l'inquiétude quant à la possibilité que des bactéries résistantes aux médicaments (comme des *Salmonella* et des *Campylobacter*) puissent migrer des animaux d'élevage à l'être humain et devenir sources de maladies chez ce dernier. La plus importante cause de problèmes à la santé humaine attribuable à des bactéries résistantes demeure cependant l'utilisation et la sur-utilisation de médicaments antimicrobiens chez l'être

humain, les hôpitaux demeurant l'une des sources les plus courantes d'infections graves par organismes pathogènes résistants aux médicaments.

Lacunes – perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques vétérinaires

Connaissance du risque :
- exposition, dispersion et devenir dans l'environnement
- pertinence écologique des réponses aux perturbateurs endocriniens et essais
- rôle et importance des substances à action hormonale présentes naturellement dans l'environnement
- possibilité d'un transfert de résistance aux antimicrobiens par l'intermédiaire de l'environnement

Contrôle du risque :
- outils analytiques et biologiques adéquats pour le contrôle de l'exposition et des effets dans l'environnement
- évaluation des effets difficiles à déceler sur le développement, la croissance et la reproduction des espèces non ciblées

Gestion du risque :
- meilleures pratiques de gestion pour l'épandage des déchets animaux et municipaux sur les sols.

Technologies pour réduire les impacts agricoles sur la qualité de l'eau

Il est virtuellement impossible de pratiquer une agriculture à grande échelle sans certaines pertes de polluants chimiques ou biologiques vers les eaux de surface et souterraines et l'atmosphère. Les incidences de l'agriculture sur la qualité de l'eau constituent maintenant une source de préoccupations tant au Canada qu'ailleurs dans le monde. Ces préoccupations touchent surtout les opérations agricoles intensives où la concentration géographique de cultures ou d'élevages a suscité d'importants questionnements, dans certaines régions, quant à la capacité des terres agricoles à assimiler les intrants (engrais chimiques, fumiers ou pesticides) sans pertes importantes dans l'environnement. Plusieurs solutions basées sur une approche scientifique visant à réduire les pertes de polluants chimiques ou biologiques agricoles vers les eaux de surface et les eaux souterraines existent déjà ou sont à l'étape de la mise au point. Il est possible de prévoir une amélioration de la qualité de l'environnement à mesure que ces démarches, et d'autres mesures, seront adoptées.

Réduction de la teneur en éléments nutritifs des fumiers

Les animaux d'élevage n'assimilent que de 20 à 40 % du phosphore et de l'azote présents dans leur alimentation, le reste étant excrété. Le phosphore présent dans le maïs, l'orge et d'autres céréales données aux porcs constitue le problème le plus sérieux, car de 60 à 80 % de ce phosphore est sous forme de « phytate » et n'est pas assimilé lors de la digestion. À cause de cette faible digestibilité, des suppléments de phosphate doivent être ajoutés à l'alimentation pour obtenir une croissance optimale.

Il existe plusieurs stratégies pour réduire la teneur des fumiers en phosphore. L'une d'elles, couramment appliquée aux porcs, consiste à réduire les suppléments de phosphate et à ajouter l'enzyme phytase à la nourriture. Cette enzyme hydrolyse une partie du phytate des aliments et libère des phosphates inorganiques facilement digestibles. L'ajout de phytase aux aliments peut donner lieu à une réduction de 25 à 30 % du phosphore présent dans les matières fécales des porcs. Des chercheurs de l'Université McGill effectuent des essais avec la zéolite à titre d'additif minéral naturel pour améliorer la digestibilité des aliments et réduire de 15 % environ la teneur en matières minérales des fumiers. La phytase n'est efficace que pour les animaux monogastriques comme le porc, tandis que la zéolite peut être utilisée pour tous les animaux d'élevage, y compris les ruminants.

Une autre façon de réduire le phosphore fécal est de nourrir les porcs avec des céréales contenant plus de phosphore biodisponible et moins de phytate. Cette approche permettrait de réduire la teneur des déjections en phosphore de 25 % environ, mais elle en est toujours à l'étape de la mise au point. Les souches actuelles de céréales à faible teneur en phytate (de 50 à 66 % moins de phytate) souffrent cependant d'une germination lente et, dans certains cas, d'un rendement inférieurs. Un autre problème lié aux céréales faibles en phytate est la difficulté d'isoler les variétés génétiquement modifiées, approuvées comme nourriture animale , des autres céréales courantes, puisque les céréales sont manutentionnées en vrac pour fin de moulure et d' exportation.

Une troisième solution consiste à produire des porcs transgéniques capables de synthétiser leur propre phytase. Cette démarche est aussi en cours de développement. Des chercheurs de l'Université de Guelph ont cependant obtenu un porc transgénique porteur d'un promoteur d'une protéine de la sécrétion parotidienne chez la souris. Ce promoteur régit la production, par les glandes salivaires, d'une phytase bactérienne secrétée dans la salive. Ces porcs peuvent assimiler pratiquement tout le phosphore d'un régime alimentaire à base de farine de soja, comme seule source de phosphore, et excréter jusqu'à 75 % moins de phosphore dans leurs déjections que des porcs non transgéniques soumis au même régime. En outre, des simulations informatiques ont montré que, dans le cas de sols peu sensibles à l'érosion, il faudrait 38 % moins de superficie pour l'épandage du lisier produit par une opération naissance-finition comptant 350 truies, comparativement à l'utilisation de porcs non transgéniques. Dans le cas de sols très sensibles à l'érosion, l'utilisation de tels porcs permettrait de réduire de 62 % la superficie nécessaire à l'épandage des lisiers.

L'utilisation de porcs transgéniques en mesure de synthétiser leur propre phytase présente des avantages par rapport aux autres modes de réduction de la concentration de phosphore dans les lisiers. Cela permet notamment d'éliminer le besoin d'ajouter de la phytase à l'alimentation et de contourner le problème de la ségrégation des céréales faibles en phytate de celles destinées à l'alimentation humaine. Il n'en demeure pas moins que les porcs synthétisant la phytase sont des animaux génétiquement modifiés et que des essais d'innocuité devront être effectués pour s'assurer de la conformité aux exigences de la réglementation sur les aliments nouveaux de Santé Canada. En outre, l'acceptation de cette technologie par les consommateurs sera l'élément décisif de son application éventuelle.

Les solutions pour réduire la teneur des matières fécales en azote sont plus limitées. L'une d'elles consiste à réduire la quantité de protéines brutes dans la diète et à la remplacer par des acides aminés de synthèse. Des études ont montré que l'utilisation d'un supplément d'acides aminés combinée à des teneurs réduites

de protéines dans les aliments permettait d'abaisser la teneur en azote des matières fécales de 20 à 25 %. La réduction des protéines brutes dans la diète ne fait pas qu'abaisser la teneur en azote des matières fécales, elle réduit aussi les concentrations d'une majorité de substances odorantes présentes dans le lisier. La réduction de la teneur en protéines de l'alimentation a donc trois effets bénéfiques. Elle abaisse :

- la teneur en azote des lisiers et donc la possibilité d'une dégradation de la qualité de l'eau suite aux épandages;
- la quantité d'ammoniac et donc la libération d'oxyde nitreux, un gaz à effet de serre;
- la quantité de substances odorantes tant dans les installations d'élevage que dans les lisiers.

Traitement des fumiers

Les élevages de bétail et de volaille s'intensifiant et prenant de l'ampleur, des quantités importantes de fumiers sont produites et doivent être récupérées, entreposées et utilisées efficacement. Il existe plusieurs méthodes relativement nouvelles ou en cours de développement pour le traitement des fumiers, notamment la séparation solides-liquides, le compostage, les digesteurs et les terres humides artificielles.

La séparation solides-liquides est un processus par lequel les composantes solides et liquides des fumiers sont séparées. Une fois concentrés, les solides peuvent servir d'engrais et s'avèrent beaucoup moins coûteux à transporter sur de longues distances. Le processus physique de séparation fait généralement appel au tamisage, à la centrifugation ou à la filtration sous pression. Idéalement, un séparateur solides-liquides mécanique permet de retirer une grande partie des solides de la fraction liquide et d'obtenir une fraction solide à faible teneur en eau (<75%). Étant donné qu'une grande partie de l'azote et du phosphore des fumiers est liée aux particules fines (<0,25 mm), il est essentiel que ces particules se retrouvent dans la phase solide. La précipitation chimique représente une autre façon de séparer les fractions solides et liquides des fumiers. Des chercheurs de l'Université McGill expérimentent actuellement l'ajout de chaux au lisier de porc. Le calcium présent dans la chaux se lie au phosphate pour former un précipité insoluble qui se retrouve dans la phase solide. Comparativement aux méthodes de séparation mécanique (dont le coût normal est de 2 $ environ par porc à l'engraissement dans le cas des exploitations produisant plus de 5 000 porcs par année), la précipitation apparaît rentable pour la concentration des éléments nutritifs dans la phase solide (0,50 $ environ par porc). Les avantages de la séparation solides-liquides comprennent une réduction des odeurs, la concentration des éléments nutritifs sous une forme facile à gérer et une charge moindre pour les étangs ou autres systèmes de traitement. Le producteur doit cependant gérer deux « flux de déchets » après la séparation. Il lui faut donc disposer de techniques de manutention et d'épandage distinctes pour les fumiers solide et liquide. Jusqu'à maintenant, les coûts ont interdit l'utilisation de technologies de séparation plus modernes en Amérique du Nord. Le manque d'espace a cependant fait progresser l'utilisation de cette méthode en Asie et en Europe.

Le compostage désigne la décomposition aérobie des matières organiques qui s'effectue dans la gamme de température des organismes thermophiles (104-149°F). La matière compostée n'a pas d'odeur, est de texture fine et contient peu d'eau. Son transport sur de longues distances est donc économique et elle peut être commercialisée. Il existe plusieurs méthodes pour composter la matière organique, notamment par andains actifs (avec retournement), par andains aérés (de l'air est insufflé dans l'andain ou y pénètre par diffusion au moyen de conduites perforées) et par tas. Le compostage en

andains est la méthode la plus couramment utilisée pour le fumier des parcs d'engraissement de bovins. Le fumier provenant de ces parcs est normalement composté tel quel ou avec une matière riche en carbone (p. ex. paille ou sciure) afin d'accroître le rapport carbone : azote et de réduire les pertes d'azote. Dans le cas des élevages de porcs, le compostage exige de séparer la fraction liquide de la fraction solide (la première pouvant servir à l'irrigation, la seconde étant compostée) ou d'adopter un système d'élevage sur fumier solide. Dans ce cas, de la paille ou de la sciure de bois sont répandues sur le plancher et le mélange ainsi obtenu est composté. En raison de sa qualité, le compost peut convenir à l'épandage sur les terres agricoles, à l'horticulture, etc. Tous les compost vendus au Canada doivent être conformes à la *Loi sur les engrais* et à son *Règlement*. Chaque province réglemente aussi l'élimination et l'utilisation des déchets animaux et les composts produits. Le compostage convient à la gestion des fumiers car il permet d'améliorer leurs manutention en réduisant le volume et le poids, en plus de détruire les organismes pathogènes, les larves de mouche et les graines de mauvaises herbes, si les températures appropriées sont maintenues pendant un temps suffisant. Par ailleurs,, le compostage peut entraîner une perte d'azote à l'atmosphère pour le fumier contenant une forte teneur de cette substance. Le compostage peut aussi générer des coûts de mise en oeuvre élevés lorsqu'il faut modifier des installations existantes, de sorte que le compost ne peut sans doute être rentable que s'il est vendu au détail. Pour utiliser le compost de fumier comme source d'éléments nutritifs, il importe d'avoir un rapport azote : phosphore dans le fumier inférieur au rapport 10 :1 nécessaire aux cultures. Une application de compost suffisante pour répondre aux besoins en azote d'une culture donnerait lieu à une surapplication de phosphore et à un risque correspondant pour la qualité de l'eau. Une application répondant aux besoins de la culture en phosphore suppose donc l'ajout d'un engrais azoté.

La digestion anaérobie est un processus biologique par lequel la matière organique (fumier, déchets de transformation alimentaire, etc.) est transformée en un gaz surtout composé de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2). La digestion anaérobie peut se produire naturellement, mais l'utilisation de digesteurs permet de réduire le temps nécessaire à la stabilisation de la matière organique (par le maintien de températures élevées, normalement de 70 à 140°F, et le mélange homogène des matières), de limiter les odeurs et de récupérer le gaz produit. Cette digestion se produit en deux étapes. Tout d'abord, un groupe de bactéries, les bactéries acidogènes, dégradent les solides volatils du fumier en acides gras et, ensuite, des bactéries qui produisent du méthane, ou méthanogènes, transforment ces acides gras en méthane et en dioxyde de carbone. Le gaz obtenu peut être brûlé pour obtenir de la chaleur (notamment pour chauffer le digesteur) ou servir de carburant à une génératrice électrique. Les effluents du digesteur, qui contiennent tout l'azote, le phosphore, le potassium et les micronutriments du fumier d'origine , peuvent être traités plus avant ou épandus sur les terres. Les digesteurs anaérobies utilisés pour la gestion des fumiers présentent plusieurs avantages :

- réduction des odeurs;
- forte réduction des organismes pathogènes;
- conservation d'au moins 90 % des éléments nutritifs;
- réduction des émissions de gaz à effet de serre (oxydes nitreux et méthane) et d'ammoniac produits au moment de l'entreposage et de la manutention des fumiers;
- le méthane produit par la digestion anaérobie peut servir de source d'énergie (chauffage, électricité) pour le fonctionnement des installations ou, si cela est fait correctement, être vendu au distributeur d'électricité local.

Les digesteurs anaérobies imposent cependant certaines contraintes : ils doivent faire l'objet d'une attention quotidienne; le gaz des digesteurs est explosif et exige certaines précautions; et la mise en place d'un système exige des capitaux assez importants. L'utilisation des digesteurs anaérobies est beaucoup plus avancée en Europe qu'en Amérique du Nord et tout particulièrement plus qu'au Canada. La tendance européenne consiste à regrouper les ressources de diverses industries qui génèrent des déchets organiques non toxiques (p. ex. élevages, autres industries agricoles comme la transformation des légumes ou des fruits, les abattoirs et les industries de type commercial comme les distilleries).

Agriculture de précision

L'une des méthodes permettant de réduire l'utilisation et une éventuelle exportation des produits agrochimiques et des fumiers est de mieux gérer la variabilité et la spécificité spatiale des sols agricoles, une démarche qualifiée d'« agriculture de précision ». En agriculture classique, un champ est perçu comme une unité homogène. Mais les champs sont variables par nature et cette variabilité a été accrue par la mécanisation et la capacité de travailler des superficies encore plus grandes. Les progrès technologiques, tels les systèmes de positionnement global (GPS), le guidage automatique des machines, la télédétection, les capteurs en temps réel (p. ex. pour le rendement), les systèmes d'information géographique (SIG) et la mobilité des ordinateurs rendent maintenant possible la gestion de la variabilité des cultures au sein d'un même champ en ajustant avec précision les intrants aux besoins de la culture. L'agriculture de précision repose sur trois ensembles d'outils :

- des outils de contrôle sur place et à distance (capteurs pouvant notamment déceler les teneurs en eau de la culture et du sol, le rendement de la culture, les maladies et les infestations de mauvaises herbes tout en enregistrant la position des lectures);
- des contrôles installés sur les machines, qui régissent leur fonctionnement dans le champ et permettent de varier le taux, le mélange et le lieu d'application de l'eau, des graines, des éléments nutritifs et des produits chimiques;
- des cartes géomatiques et des bases de données informatisées pour le traitement des données obtenues par la première catégorie d'outils et la génération d'informations pour le contrôle des machines.

L'agriculture de précision permet d'obtenir :

- une meilleure connaissance des caractéristiques d'un champ (cartographie);
- une meilleure connaissance des processus régissant le rendement de la culture (analyse spatiale);
- dans certains cas, une meilleure régie de la variabilité des sols et des rendements d'un champ par des interventions (drainage, nivellement, sous-solage, etc.) ou une application variable des intrants (p. ex. chaux, engrais minéraux ou organiques, pesticides) à la fréquence et au moment appropriés.

Lorsqu'elle est utilisée efficacement, l'agriculture de précision n'a pas seulement pour effet d'accroître la rentabilité en augmentant les rendements ou réduisant les intrants, elle s'avère également bénéfique pour l'environnement en permettant une utilisation plus efficace des intrants. Les effets agronomiques de l'agriculture de précision ont fait l'objet de beaucoup de publications, mais nous disposons de peu de résultats de recherches sur l'évaluation des incidences environnementales réelles de ce nouveau système de production agricole. Il reste beaucoup à faire dans ce domaine.

Politiques et mesures de réduction de la pollution de l'eau d'origine agricole

La demande mondiale pour les produits agricoles continue de croître. Les modifications structurales de l'agriculture canadienne survenues au cours des années, notamment l'agrandissement des fermes, la spécialisation accrue et l'utilisation plus intensive des terres et d'autres ressources ont accentué les risques que peut présenter l'agriculture pour l'environnement. Heureusement, la politique agricole du Canada, qui était antérieurement presque exclusivement fondée sur des objectifs économiques ou de production, est maintenant de plus en plus adaptée au rôle central que doit jouer la protection de l'environnement dans l'orientation des nouvelles politiques.

La démarche actuelle du gouvernement fédéral pour une politique agricole respectueuse de l'environnement est surtout axée sur des mesures volontaires visant à renforcer les capacités et à promouvoir la gérance. Les principaux moyens utilisés sont le Programme FCADR (Fonds canadien d'adaptation et de développement rural), la recherche, l'information, certaines mesures réglementaires (p. ex. LCPE) et des programmes de financement. Quant aux provinces, elles utilisent un large éventail de moyens, notamment la réglementation, des plans agroenvironnementaux, des remboursements limités pour l'amélioration de la gestion de l'environnement (p. ex. le Québec), l'information, la vulgarisation et certains travaux de recherche et de développement. Les démarches et les efforts varient de façon considérable d'une province à l'autre.

Cinq mesures récentes ont été soulignées au cours de l'atelier, soit le Cadre stratégique national pour l'agriculture, une loi établissant des zones tampons à l'île-du-Prince-Édouard, des normes sur l'épandage des engrais au Québec; l'agriculture durable en Alberta; et une Stratégie pour les eaux douces de la Colombie-Britannique.

Cadre stratégique pour l'agriculture

En juin 2001, les ministres fédéral, provinciaux et territoriaux concluaient un accord de principe pour un plan d'action national – « L'Accord de Whitehorse » - conçu dans le but de faire du Canada le chef de file mondial en matière de salubrité des aliments, d'innovation et de production respectueuse de l'environnement. Ce plan d'action, connu comme le Cadre stratégique pour l'agriculture (CSA), a pour objet d'améliorer la structure actuelle de la gestion des risques de l'agriculture; d'accroître la salubrité des aliments à la ferme; d'améliorer la performance environnementale; de créer des possibilités économiques par l'innovation; et d'assurer le renouveau au sein du secteur.

Le volet « environnement » du CSA accorde une grande priorité à la qualité de l'eau. L'Accord de Whitehorse stipule que les ministres « conviennent de travailler à mettre au point un plan complet de mesures environnementales accélérées couvrant l'ensemble des exploitations agricoles canadiennes. Ce plan aidera à réaliser des objectifs quantifiables et significatifs en matière d'environnement dans les domaines de la qualité de l'eau, de l'air et du sol et de la biodiversité. Les ministres tenteront d'en venir à un accord sur des indicateurs, des cibles, des échéanciers et des démarches ». En ce qui touche le volet « eau », l'objectif est de réduire les risques que présente l'agriculture pour la qualité des ressources en eau dans des domaines clés, soit les éléments nutritifs, les organismes pathogènes et les pesticides. L'Accord prévoit aussi des mesures accélérées visant des objectifs de gestion communs à l'agriculture comme la planification environnementale détaillée, la gestion des éléments nutritifs et des

ravageurs et la gestion des terres et de l'eau.

Des représentants des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux participent actuellement à des discussions visant à préciser les détails de la mise en oeuvre. Quatre secteurs de programmes ont été définis de façon provisoire pour le volet environnemental : recherche et technologie; information, contrôle et mesure; planification à la ferme; et soutien des infrastructures. La mise en oeuvre de cet accord posera des défis importants aux gouvernements et aux secteurs agricole et agroalimentaire, mais l'on s'attend à ce que des mesures en place ou sur le point d'être appliquées par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ou par des organismes agricoles facilitent le processus.

Agriculture et Agroalimentaire Canada — Nouveaux programmes et plan d'activités

En plus des mesures mentionnées plus haut, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) a créé un nouveau secteur d'activité et met en oeuvre de nouveaux programmes visant à faciliter l'application du cadre stratégique pour l'agriculture. Le nouveau secteur d'activités, la santé de l'environnement, a pour objectif de faire du Canada le chef de file mondial en ce qui a trait à l'utilisation durable des ressources agroenvironnementales. Cela devrait permettre de mieux regrouper les activités du ministère dans le but d'accroître la sensibilisation à l'environnement et de promouvoir la gérance environnementale.

Deux programmes ministériels ont récemment été créés. Il s'agit du Programme national d'analyse et de compte rendu sur la santé agroenvironnementale (PRONACREA) qui met l'accent sur les indicateurs, la modélisation économique et environnementale intégrée et la prévision économique, tous des éléments visant à obtenir l'information et les outils analytiques nécessaires à la prise de décisions. Le Service national d'information sur les terres et l'eau (SNITE) a pour objet de fournir les meilleures informations, analyses et interprétations possibles sur les ressources terrestres et hydriques. Les éléments clés, de portée nationale, sont l'intégration de l'information sur les terres et l'eau et des outils d'application destinés à la prise de décisions.

Zones tampons imposées par législation — Île-du-Prince-Édouard

Les cours d'eau et les estuaires de l'Île-du-Prince-Édouard ont fortement été touchés au cours des ans par l'envasement, qui a notamment pour causes l'agriculture, la récolte forestière, la construction de routes et de fossés en sol argileux, de même que le développement urbain. La nouvelle loi *Environmental Protection Act*, qui exige la création de zones tampons le long de tous les cours d'eau de la province, a été conçue de façon à minimiser l'étendue et l'incidence de l'érosion et de l'entraînement des sols sur les écosystèmes aquatiques. La nouvelle loi est une démarche proactive visant à protéger l'intégrité des ressources en eau et en terres humides de la province. Elle exige que soit aménagée une zone tampon de 10 m de largeur le long de tous les cours d'eau bordés par des terres agricoles ou des terrains à vocation résidentielle, commerciale, industrielle, institutionnelle ou récréative ainsi qu'une zone de 20 à 30 m de largeur (selon la pente) le long de toutes les zones forestières longeant des cours d'eau et des terres humides. Les recherches ont montré que la présence de bandes tampons couvertes de végétation pouvait s'avérer extrêmement efficace pour réduire la quantité de polluants atteignant un cours d'eau. L'Île-du-Prince-Édouard est la première province du pays à adopter une loi exigeant la création de zones tampons le long des cours d'eau et des terres humides. Cette loi a obtenu l'appui de toutes les grandes organisations agricoles de la province.

Normes de fertilisation — Québec

Dans le cadre de la modernisation de son *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* (RRPOA), le Québec a récemment adopté de nouvelles normes régissant les charges maximales de matières fertilisantes sur les terres cultivées. Cette modernisation a pour objet de garantir une saine gestion des fumiers et des autres matières fertilisantes; d'améliorer la qualité des eaux de surface et souterraines; de simplifier le libellé du règlement et des processus administratifs; et de renforcer les contrôles réglementaires (augmentation du nombre d'inspections).

Des normes environnementales visent maintenant trois secteurs : la production des fumiers, l'épandage des matières fertilisantes et le traitement ou l'élimination des fumiers. Le principe directeur exige que l'épandage des matières fertilisantes soit fondé sur la capacité réceptrice des sols et qu'un plan agroenvironnemental de fertilisation soit préparé. Les nouvelles normes d'épandage établissent des distances (épandage interdit dans des bandes tampons), des calendriers (favorisant les périodes de croissance végétale), des méthodes (incitant à l'utilisation de rampes basses pour les fumiers liquides) et des taux (utilisation de diagrammes de charges maximales). Ces diagrammes sont fondés sur les teneurs en phosphore du sol (valeur absolue et pourcentage de saturation), de même que sur le type et le rendement des cultures. La nouvelle mesure réglementaire a pour objet de maintenir les niveaux de saturation du sol à moins de 10 % tout en prévenant son épuisement. Si la charge de phosphore épandu est supérieure à la capacité du sol, le producteur est alors tenu d'obtenir des superficies supplémentaires pour l'épandage des fumiers, de traiter les fumiers de façon à en réduire la teneur en phosphore ou, en dernier ressort, de réduire son cheptel.

En plus d'appliquer les dispositions du *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* et d'autres mesures réglementaires provinciales destinées à réduire la pollution diffuse d'origine agricole, le ministère de l'Environnement du Québec poursuit un programme d'échantillonnage détaillé visant à déterminer les effets de ces mesures sur la qualité de l'eau des bassins versants des zones agricoles. Le programme a débuté en 1974 et comporte actuellement un contrôle mensuel à 162 stations réparties dans 50 bassins versants du sud du Québec. Des données sont aussi recueillies en été à 220 autres sites. Le Québec est la première province canadienne a réaliser un suivi aussi étendu et à long terme de l'état et de l'évolution de la qualité de l'eau de ses cours d'eau. Les valeurs de divers paramètres (p. ex. ammoniac, phosphore total, turbidité et bactéries coliformes fécales) sont à la baisse, ce qui montre que les mesures de lutte antipollution ont l'effet souhaité. La qualité de l'eau demeure cependant mauvaise à certains endroits, mais il est inévitable que des problèmes qui sont apparus en une décennie ne puissent se résorber qu'en plusieurs années.

Environnement agricole durable — Alberta

Le programme pour un environnement agricole durable de l'Alberta (AESA) est un train de mesures permanent de 5 millions de dollars par année, mis en oeuvre en 1997 après consultation des intervenants. Il a pour objectif de faciliter l'élaboration et l'adoption permanentes de pratiques de gestion et de technologies visant à rendre la production agricole et l'industrie de la transformation plus durables du point de vue environnemental. Le programme comporte les quatre volets suivants :

- le volet « intervention à la ferme », qui favorise l'adoption de meilleures pratiques de gestion par les exploitants de fermes et de ranchs afin de réduire les incidences environnementales de la production primaire;

- le volet « transformation », qui favorise l'élaboration et l'adoption, par les transformateurs, de pratiques et de procédures qui rendront l'industrie plus durable du point de vue environnemental;
- le volet « contrôle des ressources », qui vise la surveillance de l'évolution de la qualité des ressources en eau et en sols modifiées par l'agriculture;
- le volet « recherche », qui appuie la recherche appliquée visant la mise au point de meilleures pratiques de gestion et technologies pour les secteurs de la culture, de l'élevage et de l'agrotransformation.

Dans le cadre du volet du programme portant sur le contrôle des ressources, la qualité de l'eau de 23 cours d'eau situés en zone agricole et répartis dans l'ensemble de l'Alberta fait l'objet d'un suivi. Les 23 bassins versants sont représentatifs d'un éventail de densités agricoles, d'écorégions provinciales et de caractéristiques de ruissellement. Le contrôle est fondé sur le débit et des échantillons sont prélevés pour l'analyse des éléments nutritifs, des coliformes fécaux et d'une quarantaine de 40 pesticides. Des rapports annuels sont produits pour des publics techniques et non techniques, et la première analyse de tendances quinquennales (qui comprend des indicateurs de couverture des sols et de recensement agricole, en plus de ceux ayant trait à la qualité de l'eau) devrait être produite au cours de la présente année. Ce programme donne un bon aperçu des effets à long terme de l'activité humaine sur l'environnement et permet une certaine comparaison des diverses pratiques agricoles. L'intégration de ces résultats dans une stratégie de développement durable fait partie du mandat de l'AESA.

Stratégie pour les eaux douces — Colombie-Britannique

Les réserves d'eau de la Colombie-Britannique comptent parmi les plus propres et les plus abondantes au monde. Mais l'accroissement de la population et la hausse du développement font en sorte que les ressources hydriques de la C.-B. subissent des pressions, tant sur le plan de la qualité que de la quantité. En novembre 1999, le gouvernement de la Colombie-Britannique rendait publique une stratégie pour les eaux douces (*Freshwater Strategy for British Columbia)* qui donnait un aperçu de l'orientation de la gestion de l'eau de la province. La stratégie a permis de relever les principaux défis suivants : le maintien de l'intégrité des différents écosystèmes de la province, tout en satisfaisant aux besoins de la société; la coordination des activités de divers organismes gouvernementaux et non gouvernementaux; la modification de croyances, perceptions et pratiques enracinées chez la population et leur remplacement par une éthique de la conservation; la réaction à une concurrence internationale accrue et la préparation en vue des incidences incertaines des changements climatiques globaux. La stratégie relève ces défis grâce à ses trois objectifs à long terme :

- des écosystèmes aquatiques sains;
- assurance de la santé et sécurité de la population;
- caractère durable des avantages sociaux, économiques et récréatifs de l'eau.

Un plan d'action contre la pollution diffuse, qui précise le rôle de la province et définit des mesures prioritaires, a été élaboré dans le cadre de la stratégie. Des progrès appréciables ont été réalisés par rapport aux objectifs du plan. Un recueil des meilleures pratiques de gestion en matière de pollution diffuse a été publié. Des projets pilotes sont en cours dans toute la province; ils portent sur l'évaluation, l'éducation, le soutien à la gérance et l'aide aux administrations locales en matière de sources diffuses. Des rapports d'étape et d'évaluation des tendances concernant la qualité de l'eau sont aussi produits régulièrement. Dans la vallée de la Fraser, où l'agriculture constitue une activité très

importante qui a été à l'origine de problèmes environnementaux (p. ex. fortes concentrations de nitrates dans l'aquifère Abbotsford, dégradation de certains habitats des ressources halieutiques commerciales), des travaux sont réalisés en collaboration avec le secteur agricole afin d'élaborer un plan d'action pour réduire la pollution de sources diffuses. Des programmes visant le transport du fumier de volaille à l'extérieur des zones vulnérables de la vallée, l'amélioration de l'entreposage du fumier à la ferme et l'application des meilleurs plans de gestion des déchets agricoles ont été mis en oeuvre. Bien que l'on continue de s'attaquer aux principales sources industrielles de pollution de l'eau, l'attention est maintenant tournée vers des défis moins tangibles, à savoir la réduction de la pollution de sources diffuses, la gestion efficiente et efficace de l'eau, l'harmonisation des activités des divers paliers de gouvernement, la gestion des eaux souterraines et la conservation.

Science de l'eau et politiques

L'atelier a été pour le CCME une première étape dynamique vers l'établissement d'un dialogue valable, très nécessaire et permanent entre les scientifiques et les décideurs des domaines de l'agriculture et de l'environnement. La démarche utilisée pour lier les sciences de l'eau aux politiques, en ce qui concerne les effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau, est cohérente avec les éléments du document fédéral *Cadre applicable aux avis en matière de sciences et de technologie*. Ce document énonce des principes clés visant à assurer la prise en compte ou l'application optimale des connaissances scientifiques actuelles. Ces principes sont les suivants :

- l'identification rapide des problèmes,
- le caractère inclusif,
- la transparence et l'ouverture;
- rigueur scientifique et avis scientifiques objectifs.

La série d'ateliers a été conçue pour que les questions fondamentales aux yeux du CCME soient examinées en temps opportun, que les connaissances scientifiques les plus à jour soient présentées à des divers groupes d'intervenants pour discussion et qu'un processus soit élaboré pour assurer une diffusion permanente de l'information et une communication continue entre les gens.

Tout au long de l'atelier, plusieurs points ont été soulevés relativement au besoin d'associer les résultats scientifiques à la prise de décisions en matière de politiques, soulignant ainsi la nécessité d'un dialogue continu entre les chercheurs et les gestionnaires de programmes ou de politiques. Ces points étaient les suivants :

- *La définition de valeurs limites.* Qu'il s'agisse de lgnes directrices sur l'épandage d'engrais ou sur le compostage, les participants ont exprimé l'intérêt de connaître la manière dont sont fixées les limites dans le cadre d'une recommandation, d'une norme ou d'un règlement donné(e). Le besoin de connaître les fondements scientifiques des valeurs choisies a suscité un vif intérêt. La question du type de données nécessaires à l'établissement d'une norme particulière a aussi été soulevée.

- *Le besoin d'un suivi et d'une communication continue des résultats.* Les programmes de suivi environnemental sont en baisse à travers tout le Canada. Ces programmes permettent cependant d'obtenir des données essentielles à la compréhension de l'influence des activités agricoles sur la qualité de l'eau et notre environnement en général. L'interprétation de ces données permet à son tour d'obtenir l'information essentielle à la mise en oeuvre de saines décisions de gestion. Les participants à l'atelier ont insisté sur la nécessité de protéger et de maintenir

nos efforts de surveillance et de communication des résultats.

- *Le transfert technologique* . L'expérience acquise (réussites et échecs) au moyen des diverses technologies élaborées dans les universités, le secteur privé ou dans le cadre de programmes gouvernementaux de recherche et de développement devrait être mieux communiquée aux décideurs. Comme les politiques gouvernementales évoluent généralement très rapidement, les besoins en matière de connaissances technologiques à jour et facilement accessibles ne sauraient être trop soulignés.

- *Le partage de l'expérience en matière de politiques.* Un vif intérêt a été manifesté pour mieux connaître les efforts menés par les autres juridictions en matière de politiques. L'intérêt démontré était manifeste en ce qui concerne autre autres l'imposition de zones tampons, la nécessité de dédommager les agriculteurs pour de telles zones, la réglementation touchant le compostage de biosolides, les taux d'épandage d'engrais et de pesticides, la réceptivité des agriculteurs aux nouvelles politiques (p. ex. plans agricoles) ainsi que les coûts et avantages des divers programmes. Il conviendrait de se doter d'une liste à jour des politiques et programmes en vigueur dans tout le pays afin de pouvoir s'y référer rapidement.

- *Le lien entre la science et les politiques.* Les participants étaient d'accord pour dire que l'évolution des politiques environnementales et agricoles devait s'harmoniser avec le rythme de développement des connaissances technologiques. Des progrès ont été accomplis, mais les réalités sociales et économiques liées au maintien de la capacité concurrentielle des agriculteurs constitue un élément clé de l'adoption généralisée des pratiques de gérance environnementale. Une information plus actualisée sur les coûts et bénéfices serait utile . On note aussi un important besoin d'informer tant les scientifiques que les décideurs des points forts et des capacités des uns et des autres, surtout en ce qui concerne le temps nécessaire à chaque groupe pour donner suite aux demandes de l'autre groupe.

- *Les besoins des décideurs en matière de recherche.* Bien que l'on ait présenté certaines des lacunes qui freinent l'élaboration de saines politiques , il importe de mieux communiquer les besoins des décideurs en matière de recherche. La communauté scientifique est suffisamment flexible pour s'accommoder de nouvelles priorités, mais ces dernières doivent leur être communiquées plus clairement et de façon plus régulière. Ceci dit, étant donné le contexte du processus d'élaboration des politiques, où il peut s'avérer difficile de prévoir avec exactitude les besoins, il est probable que le souhait des scientifiques d'être informés de ce que l'on attend d'eux ne soit jamais satisfait à temps et soit toujours en retard sur la les besoins réels des décideurs.

- *Les besoins en matière d'information scientifique — simplicité et rapidité.* Les chercheurs et les décideurs ne partagent généralement pas les mêmes échéanciers. Il faut se doter de centres où l'information scientifique concernant les impacts agricoles sur la qualité de l'eau sera regroupée et présentée dans un langage concis et clair. Cette information devrait être mise à jour de façon continue et être toujours accessible pour l'élaboration de programmes ou de politiques. Elle pourrait aussi servir à mieux sensibiliser les citoyens sur les risques courants et favoriser l'identification hâtive des problèmes environnementaux.

Au cours de l'atelier, il est apparu clairement qu'il fallait approfondir les connaissances dans certains domaines pour assurer une gestion adéquate des risques, mais qu'il existait tout de même des solutions scientifiques pouvant contribuer à réduire les pertes de polluants venant des terres agricoles et à améliorer la qualité de l'environnement. De nouvelles technologiques permettant de diminuer l'apport d'agents chimiques et biologiques dans l'environnement font maintenant leur apparition.. La recherche et la surveillance agroenvironnementales sont essentielles pour s'assurer que les décisions reposeront sur des bases scientifiques valables. Il est également essentiel que les progrès de la production agricole nécessaires à l'alimentation d'une population mondiale en croissance ne devancent pas l'adoption de meilleures pratiques de gestion et d'autres mesures de contrôle visant la protection de l'environnement et que les connaissances scientifiques les meilleures et les plus novatrices soient intégrées à la définition de solutions concrètes.

Maintien du dialogue

Parallèlement avec la rédaction du présent rapport, le CCME examine certaines avenues pour maintenir voire élargir le dialogue amorcé pendant l'atelier. À la lecture de la section précédente , le besoin d'assurer un échange d'informations et un dialogue continus apparaît clairement . Le recours à divers médias électroniques, tel que des sites internet spécialisés ou adaptés , des babillards électroniques, des forums de discussion avec modérateur, ainsi que des listes de courriel à sujet particulier et à abonnement, sont actuellement à l'étude comme moyens potentiels pour faire circuler l'information. La possibilité de tenir de nouveaux ateliers de travail ou des sessions thématiques lors de certaines conférences à l'intention des scientifiques et des décideurs sera également examinée.

Le but ultime de regrouper les chercheurs et les décideurs est d'améliorer la prise de décisions en matière de politiques gouvernementales. Le besoin de fournir des connaissances scientifiques actualisées aux décideurs est essentielle pour bien orienter les programmes, de même que pour élaborer et appliquer des politiques améliorées destinées à minimiser les effets néfastes des activités agricoles sur la qualité de l'eau. Le dialogue amorcé à l'atelier et consigné dans le présent compte rendu est un premier pas vers l'amélioration de la prise de décision en matière de ressources.

Bibliographie

Introduction

Environnement Canada. 2001. Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada. Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario). Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE, rapport n° 1, 72 p. http://www.nwri.ca/threats/intro-f.html

Goldfarb Consultants. The Goldfarb Report – Volume 2. Energy and the Environment. Mars 2001.

Hydrologie et agriculture

AGNPS. 2001. Agricultural non-point source model. USDA-ARS National Sedimentation Laboratory. http://ww.sedlab.olemiss.edu/Agnps2001/main.html

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2000. La santé de l'eau. DR Coote et LJ Gregorich (dir. de publ.), Agriculture et Agroalimentaire, Ottawa (Ont.) http://www.agr.gc.ca/policy/environment/eb/public_html/ebe/sum_water.html

Elliott JA et AA Efetha. 1999. Influence of tillage and cropping system on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape. Can. J. Soil Sci. 79: 457-463.

Gray DM, B Toth, L Zhao, JW Pomeroy et RJ Granger. 2001. Estimating areal snowmelt infiltration into frozen soils. Hydrolog. Process. 15: 3095-3111.

Joy DM, H Lee et S Zelin. 1998. Microbial contamination of subsurface tile drainage water from field application of liquid manure. Can. Agric. Eng. 40: 153-163.

van der Kamp G, WJ Stolte et RG Clark. 1999. Drying out of small prairie wetlands after conversion of their catchments from cultivation to permanent brome grass. Hydrolog. Sci. J. 44: 387-397.

Érosion des sols

Bernard C, D Côté et MR Laverdière. 1999. Parallèles entre l'utilisation agricole du territoire et la qualité de l'environnement au Québec, Paysage agraire et environnement: Principe écologique de gestion en Europe et au Canada, S Wicherek (ed.), CNRS, p. 323-331.

Bernard C, L Mabit, MR Laverdière et S Wicherek. 1999. Quantification des risques érosifs des agrosystèmes. Étude de cas en France et au Canada, Paysage agraire et environnement: Principe écologique de gestion en Europe et au Canada, S Wicherek (ed.), CNRS, p. 275-283.

Gangbazo G, D Cluis et C Bernard. 1999. Connaissances acquises en pollution diffuse agricole au Québec, de 1993 à 1998: analyse et perspectives, Vecteur environnement, vol. 22, no. 4, p. 36-45.

Shelton IJ, GJ Wall, J-M Cossette, R Eilers, B Grant, D King, G Pudbury, H Rees, J Tajek et L van Vliet. 2000. Risque d'érosion hydrique. *Dans* T McRae, CAS Smith et LJ Gregorich (ed.), L'agriculture écologiquement durable au Canada: rapport du Projet des indicateurs agro-environnementaux. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Ont.

Uri ND. 2001. The environmental implications of soil erosion in the United States Environ. Monit. Assess. 66: 293-312.

Éléments nutritifs

Anderson A-M, DO Trew, RD Neilson, ND MacAlpine et R Borg. 1998. Impacts of agriculture on surface water quality in Alberta. Part 1: Haynes Creek Study. Canada-Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Agreement (CAESA).

Carpenter SR, NF Caraco, DL Correll, RW Howarth, AN Sharpley et VH Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecol. Appl. 8: 559-568.

Chambers PA, A-M Anderson, C Bernard, LJ Gregorich, B McConkey, PH Milburn, J Painchaud, NK Patni, RR Simard et LJP van Vliet. 2000. La qualité des eaux de surface. *Dans* DR Coot et LJ Gregorich (ed.), La santé de l'eau : vers une agriculture durable au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, publication 2020/F. Ottawa (Ont.), 173 p. http://www.agr.gc.ca/policy/environment/eb/public_html/ebf/i_leau.html

Chambers PA, M Guy, ES Roberts, MN Charlton, R Kent, C Gagnon, G Grove et N Foster. 2001. Nutriments et leur impact sur l'environnement. Agriculture et Agroalimentaire Canada,

Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Santé Canada et Ressources naturelles Canada. http://www.durable.gc.ca/group/nutrients/report/index_f.phtml

Chambers PA, M Guy, E Roberts, MN Charlton, R Kent, C Gagnon, G Grove, N Foster, C DeKimpe et M Giddings. 2001. Éléments nutritifs – azote et phosphore. *Dans* Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada. Environnement Canada. Institut national de recherche sur les eaux. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE, rapport n° 1. No. 1. http://www.nwri.ca/threats/intro-f.html

Fairchild GL, DAJ Barry, MJ Goss, AS Hamill, P Lafrance, PH Milburn, RR Simard et BJ Zebarth. 2000. Groundwater quality. *Dans* DR Coot et LJ Gregorich (ed.), La santé de l'eau : vers une agriculture durable au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, publication 2020/F. Ottawa (Ont.), 173 p. http://www.agr.gc.ca/policy/environment/eb/public_html/ebf/i_leau.html

MacDonald KB. 2000. Risque de contamination de l'eau par l'azote. *Dans* T MacRae, CAS Smith et LJ Gregorich (ed.), L'agriculture écologiquement durable au Canada: rapport du Projet des indicateurs agro-environnementaux. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Direction générale des politiques, Administration du rétablissement agricole des Prairies, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Rouse JD, CA Bishop et J Struger. 1999. Nitrogen pollution: An assessment of its threat to amphibian survival. Environ. Health Perspect. 107: 799-803.

Sharpley AN, RW McDowell et PJA PKleinman. 2001. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. Plant Soil 237: 287-307.

Sims JT, N Goggin et J McDermott. 1999. Nutrient management for water quality protection: Integrating research into environmental policy. Water Sci. Technol. 39: 291-298.

Biosolides d'eaux usées

AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). 1995. Metal Concentrations in Processed Sewage and By-Products. Trade Memorandum T-4-93, Ottawa, juillet.

Draeger KJ, JW Pundsack, MD Jorgenson et PJ Mulloy. 1999. Watershed Effects of Biosolids Land Application – Literature Review. WERF Project 96-REM-2, Water Environment Research foundation, Alexandria, VA.

Harrison R, J Singh, J Krejsl, S Coveny et C Henry. Updated by I McClure, D Thompson and C Henry. 1997. Literature review on trace metals, elements and compounds: Potential for movement and toxicity from biosolids application. Part 1 of the Series Environmental Effects of Biosolids Management, CL Henry et RB Harrison (ed.). Preparé pour la Northwest Biosolids Management Association (<http://www.nwbiosolids.org/>).

Henry C, D Sullivan, R Rynk, K Dorsey et C Cogger. 1999. Managing Nitrogen from Biosolids. Manuel préparé pour la Washington State Department of Ecology and Northwest Biosolids Management Association, Ecology Publication #99-508.

Webber MD et TE Bates. 1997. Municipal sludge use on land. *Dans* Proceedings of an Agricultural Institute of Canada Joint Symposium: "Alternate Amendments in Agriculture," Truro, Nouvelle-Écosse, 17 au 20 août, p. 22-40.

Webber MD, YK Soon et TE Bates. 1981. Lysimeter and field studies on land application of wastewater sludges. Water Sci. Tech. 13: 905-917.

Pesticides

Barbush JE et EA Resek (ed.). 1996. Pesticides in ground water: Distribution, trends, and governing factors. Volume 2 of the series Pesticides in the Hydrologic System. Ann Arbor Press Inc., Chelsea, Michigan.

Crowe A et P Milburn (ed.). 1995. Theme issue: contamination of groundwater by pesticides in Canada. Water Qual. Res. J. Canada 30: 363-555.

Headley JV, AJ Cessna et LC Dickson. 1998. Determination of herbicide residues in biota, vol. 4, p. 2139-2165. Dans R.A. Meyers (dir. de publ.), Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Larson SJ, PD Capel et MS Majewski (ed.). 1997. Pesticides in surface water: Distribution trends, and governing factors. Volume 3 de la série Pesticides in the Hydrologic System. Ann Arbor Press Inc., Chelsea, Michigan.

Majewski MS, PD Capel et RJ Gilliom (ed.). 1995. Pesticides in the atmosphere: Distribution trends, and governing factors. Volume 1 de la série Pesticides in the Hydrologic System. Ann Arbor Press Inc., Chelsea, Michigan.

Nowell LH, PD Capel and PD Dileanis. 1999. Pesticides in stream sediment and aquatic biota: Distribution, trends, and governing factors. Lewis Publishers, Inc.

Organismes pathogènes

Michel P, JB Wilson, SW Martin, RC Clarke, SA McEwen et CL Gyles. Temporal and geographical distributions of reported cases of *Escherichia coli* O157:H7 infection in Ontario. Epidem. Infec. 122: 193-200.

Olsen ME, J Goh, M Phillips, N Guselle et TA McAllister. 1999. Giardia cyst and Cryptosporidium oocyst survival in water, soil, and cattle feces. J. Environ. Qual. 28: 1991-1996.

Rosen BH. 2001. Waterborne pathogens in agricultural watersheds. Publication NRAES-147. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), Cooperative Extension, Ithaca, New York.

Schwarz S, C Kehrenberg et TR Walsh. 2001. Use of antimicrobial agents in veterinary medicine and food animal production. Int. J. Antimicrob. Agents 17: 431-437.

Statistique Canada. 2001. Un profil géographique de la production de fumier au Canada, 1996. Numéro de catalogue de Statistique Canada 16F0025XIB, Ottawa (Ont.) http://www.statcan.ca/francais/IPS/Data/16F0025XIB.htm

Perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques à usage vétérinaire

Daughton CG et TA Ternes. 1999. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change. Environ. Health Perspect. 107: 907-938.

Foster W. 2001. Endocrine disruption and human reproductive effects: an overview. Water Qual. Res. J. Canada 36: 253-271.

Halling-Sorensen, BN Nielsen, PF Lanzky, F Ingerslev, HC Holten Lutzhoft et SS Jorgensen. 1998. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment – a review. Chemosphere 36: 357-393.

Hewitt ML et MR Servos. 2001. An overview of substances present in the Canadian aquatic environments associated with endocrine disruption. Water Qual. Res. J. Canada 36: 191-213.

McMaster M. 2001. A review of the evidence for endocrine disruption in Canadian aquatic ecosystems. Water Qual. Res. J. Canada 36: 215-231.

Munkittrick K. 2001. Assessment of the effects of endocrine disrupting substances in the Canadian environment. Water Qual. Res. J. Canada 36: 293-302.

Servos M, P Delorme, G Fox, R Sutcliffe et M Wade. 2001. A Canadian perspective on endocrine disrupting substances in the environment. Water Qual. Res. J. Canada 36: 331-346.

Servos M, P Delorme, G Fox, R Sutcliffe et M Wade. 2001. Substances perturbatrices du système endocrinien. *Dans* Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada. Environnement Canada. Institut national de recherche sur les eaux. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE, rapport n° 1.

Statistique Canada. 2001. Un profil géographique de la production de fumier au Canada, 1996. Numéro de catalogue de Statistique Canada 16F0025XIB, Ottawa (Ont.) http://www.statcan.ca/francais/IPS/Data/16F0025XIB.htm

Sutcliffe R. 2001. Endocrine disrupting substances and ecological risk assessment in Canada for commercial chemicals. Water Qual. Res. J. Canada 36: 303-317.

Réduction de la teneur en éléments nutritifs des fumiers

Cromwell GL, TS Stahly, RD Coffey, HJ Monegue et JH Randolph. 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. J. Anim. Sci. 71: 1831-1840.

Golovan SP, MA Hayes, JP Phillips et CW Forsberg. 2001. Transgenic mice expressing bacterial phytase as a model for phosphorus pollution control. Nature Biotechnol. 19: 429-433.

Golovan SP, RG Meidinger, A Ajakaiye, M Cottrill, MZ Wiederkehr, D Barney, C Plante, J Pollard, MZ Fan, MA Hayes, J Laursen, JP Hjorth, RR Hacker, JP Phillips et CW Forsberg. 2001. Pigs expressing salivary phytase produce low phosphorus manure. Nature Biotechnol. 19: 741-745.

Hobbs PJ, BF Pain, RM Kay et PA Lee. 1996. Reduction of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. J. Sci. Food Agric. 71: 508-514.

Leeson S, H Namkung, M Cottrill et CW Forsberg. 2000. Efficacy of a new bacterial phytase in poultry diets. Can. J. Anim. Sci. 80: 527-528.

Kornegay ET. 2001. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity, p. 237-271. *Dans* MR Bedford and GG Partridge (ed.), Enzymes in farm animal nutrition. CABI Publishing, Marlborough.

National Research Council. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed., National Academy of Sciences, Washington.

Traitement des fumiers

Barrington S, P LeSauteur, M Shin et JB Gélinas. 2002. Precipitation of swine and cattle manure phosphorus using limestone dust. Journal of Environmental Sciences and Health. Part B. Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes. Vol. 45. Sous presse.

Barrington S, D Choinière, M Trigui et W Knight. 2002. Effect of carbon source on compost N and C losses. Bio resource Technology. Sous presse.

Barrington S. et K El Moueddeb. 1995. Zeolite as swine manure additive to control odours and to conserve N. Canadian Society of Agricultural Engineering, Saskatoon, Saskatchewan. Paper No. 95-510.

Choinière D. et S. Barrington. 1998. Zeolite as feed additive to reduce odour and improve swine performance. CSAE, Saskatoon, Saskatchewan. Paper No. 98-207.

http://www.purelean.com/

http://res2.agr.ca/initiatives/manurenet/

Agriculture de précision

Cambouris AN, MC Nolin et RR Simard. 2000. Effects of located application of papermill residues on crop yields and soil quality. Fichier "30.pdf" *Dans* PC Robert, RH Rust and WE Larson (ed.), Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD-Rom). 16 p.

Cambouris AN, RR Simard et MC Nolin. 2001. Impact of Split N Application on N Concentration in Porous Cup Lysimeter Water. *Dans* Annual meeting abstract of ASA, CSSA and SSSA (cédérom). Charlotte, North Carolina, 21-25 octobre 2001.

Nolin MC, RR Simard, AN Cambouris et S Beauchemin. 1999. Specific Variability of Phosphorus Status and Sorption Characteristics in clay soils on the St-Lawrence Lowlands (Quebec), p. 395-406. *Dans* PC Robert, RH Rust et WE Larson (ed.), Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture. St-Paul, Minnesota.

Simard RR, N Ziadi, MC Nolin et AN Cambouris. 2001. Prediction of nitrogen responses of corn by soil nitrogen mineralization indicators. *Dans* Optimizing Nitrogen Management in Food and Energy Production and Environmental Protection: Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy. The ScientificWorld 1(S2): 135-141.

Maintien du dialogue

Conseil d'experts en sciences et en technologie. 1999. Avis scientifiques pour l'efficacité gouvernementale. http://strategis.gc.ca/S-Tinfo

Gouvernement du Canada. 2000. Cadre applicable aux avis en matière de sciences et de technologie. Principes et lignes directrices pour une utilisation efficace des avis relatifs aux sciences et à la technologie dans le processus décisionnel du gouvernement. http://strategis.gc.ca/S-Tinfo

ANNEXE 1 – Programme de l'atelier

JOUR 1 — 31 JANVIER 2002

8h30-9h00 Café et croissants

9h00-9h15 Mot de bienvenue de M. Charles Larochelle, sous-ministre adjoint, Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale des évaluations environnementales et de la coordination

Mot de bienvenue des co-présidents : Objectifs/logistique/présentations (Dr. Patricia Chambers, Environnement Canada, INRE, Burlington, Ont. et M. Jacques Dupont, ministère de l'Environnement du Québec)

9h15-9h30 Mot de bienvenue du CCME (Jennifer Moore, Environnement Canada, Hull, Qc)

9h30-10h00 Les défis du changement pour l'agriculture canadienne (Challenges of Change in Canadian agriculture) (Michele Brenning, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Ont.)

10h00-10h30 Pause

Risques pour la qualité de l'eau découlant des activités agricoles (1)

10h30-11h00 Hydrologie et agriculture – le cheminement de l'eau (Hydrology and Agriculture - tracking the flow of water) (Dr. Jane Elliott, Environnement Canada, Saskatoon, Sask., et Dr. Bernie Zebarth, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Fredericton, N.-B.)

11h00-11h30 Érosion et pollution diffuse des sols, deux problèmes connexes (Soil erosion and soil non-point pollution, two interrelated issues) (Dr. Claude Bernard, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Sainte-Foy, Qc)

11h30-12h00 Éléments nutritifs – de la ferme vers l'eau (Nutrients — from farm to water) (Dr. Patricia Chambers, Environnement Canada, INRE, Burlington, Ont.)

12h00-12h30 Questions aux orateurs - Discussion générale

12h30-1h30 Dîner

Risques pour la qualité de l'eau découlant des activités agricoles (2)

13h30-14h00 Biosolides des eaux usées – Gestion et incidences sur la qualité de l'eau (Sewage Biosolids — Production Management and Water Quality Impacts) (Dr. Mel Webber, Burlington, Ont.)

14h00-14h30 Pesticides : gestion des risques (Pesticides — Balancing the risks) (Dr. Allan Cessna, Agriculture et Agroalimentaire Canada / Environnement Canada, Saskatoon, Sask.)

14h30-15h00 Pause

15h00-15h30 Risques des agents pathogènes d'origine agricole pour la qualité de l'eau (Risk to water quality from pathogens from agricultural sources)
(Dr. Ed Topp, Agriculture et Agroalimentaire Canada, London, Ont.)

15h30-16h00 Exposition et effets : perturbateurs endocriniens liés à l'agriculture intensive (Exposure and Effects of Endocrine-Disrupting Substances Associated with Intensive Agricultural Practices)
(Dr. Mark Servos, Environnement Canada, INRE, Burlington, Ont.)

16h00-16h30 Questions aux orateurs - Discussion générale

Souper (libre)

JOUR 2 — 1er FÉVRIER 2002

8h30-9h00 Café et croissants

Protection de la qualité de l'eau — Nouvelles technologies et politiques

Groupe 1 — Gestion des fumiers

9h00-9h30 Réduction, réemploi et recyclage : les trois «r» de la gestion des fumiers (The three Rs of Manure Management — Reduce, Reuse, Recycle)
(Dr. Suzelle Barrington, Génie agricole et des biosystèmes, Université McGill, Ste. Anne de Bellevue, Qc)

9h30-9h50 Réduction des éléments nutritifs des lisiers de porc (Reducing nutrients in hog manure)
(Dr. Cecil Forsberg, Microbiologie, Université de Guelph, Guelph, Ont.)

9h50-10h10 Recyclage des lisiers de porc (Recycling hog manure)
(Bob Notenbomer, Pure Lean Hogs Inc., Medicine Hat, Alb.)

10h10-10h30 Questions aux spécialistes

10h30-11h00 Pause

Groupe 2 — Production végétale

11h00-11h20 Incidences de l'agriculture de précision sur la qualité de l'eau (Impacts of Precision Agriculture on Water Quality)
(Dr. Michel Nolin, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, Qc)

11h20-11h40 Élaboration de recommandations pour les éléments nutritifs des sols (Setting soil nutrient guidelines)
(Robert Bertrand, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Qc)

11h40-12h00 Questions pour les spécialistes

12h00-12h30 Science de l'eau et politiques : Effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau (Linking Water Science to Policy: Effects of Agricultural Activities on Water Quality)
(Terence McRae, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Ont.)

12h30-13h30 Dîner

Évaluation et restauration des bassins versants agricoles : l'expérience acquise

13h30-13h50 Évaluation et restauration des bassins versants agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard (Assessing and Restoring Agricultural Watersheds in Prince Edward Island)
(Jim Young, ministère des Pêches, de l'Aquaculture et de l'Environnement, Charlottetown, Î.-P.-E.)

13h50-14h10 Qualité de l'eau des bassins versants agricole du Québec : un aperçu (Water Quality in Québec's Agricultural Watersheds: An Overview)
(Michel Patoine, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, QC)

14h10-14h30 Eau des zones agricoles de l'Alberta : programmes, projets et expérience acquise (Agricultural Water in Alberta: Programs, Projects, and Lessons Learned
(Jamie Wuite, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta, Edmonton, Alb.)

14h30-14h50 Qualité de l'eau des bassins versants de la Colombie-Britannique : vallée du Fraser (Water Quality in British Columbia's Agricultural Watersheds: Fraser River Valley)
(Jack Bryden, ministère des Eaux, des Terres et de la Protection de l'air, Victoria, C.-B.)

14h50-15h10 Questions aux orateurs - Discussion générale

15h10-15h30 Pause

15h30-16h00 La leçon de Walkerton (Lesson from Walkerton)
(Dr. Harry Swain, président, Comité scientifique consultatif, Commission d'enquête sur Walkerton)

16h00-16h30 Résumé de l'atelier – Les lacunes : que reste-t-il à faire? (Workshop summary — information gaps, where do we go from here?)
(délégués du CCME — John Cooper, Environnement Canada; Jack Bryden, C.-B.; Jim Young, Î.-P.-É.; Dave Briggins, N.-É.)

ANNEXE 2 - Liste des participants

* Orateur

Jack Bryden *
Ministère des Eaux, des Terres et de la Protection de l'air de la Colombie-Britannique

Anne-Marie Anderson
Ministère de l'Environnement de l'Alberta

Pritam Jain
Ministère de l'Environnement et de la Gestion des ressources de la Saskatchewan

James J. Wuite *
Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta

Andy Jansen
Gloria Parisien
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de la Saskatchewan

Curtis Cavers
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation du Manitoba

Aaron Todd
Ministère de l'Environnement de l'Ontario

Susan Humphries
Peter Roberts
Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario

Robert Bertrand *
Pierre Delude
Jacques Dupont
Emilie Gagnon
Michel Patoine *
Marc Simoneau *
Ministère de l'Environnement du Québec

Mario Lapointe
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Claude Bernard *
Roch Jancas
Institut national sur la recherche et le développement en agriculture

Peter McLaughlin
Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick

Kevin J. McKendy
Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick

David Briggins, Manager
Ministère de l'Environnement et du Travail de la Nouvelle-Écosse

Jim Young *
Ministère des Pêches, de l'Aquaculture et de l'Environnement de l'Île-du-Prince-Édouard

Haseen Khan
Ministère de l'Environnement de Terre-Neuve et du Labrador

Ian Bell
Ministère des Ressources forestières et de l'Agroalimentaire de Terre-Neuve et du Labrador

Rod Allan
Alex Bielak
Allan Cessna
Patricia Chambers *
Allan Crowe
Jane Elliott *
Martha Guy
Karl Schaefer
Mark Servos *
Institut national de recherche sur les eaux
Environnement Canada

John Cooper
Pascale Groulx
Direction des enjeux hydriques nationaux
Environnement Canada

Connie Gaudet
Direction de la qualité de l'environnement
Environnement Canada

Martine Bluteau
Environnement Canada - Région du Québec

Gilles Babin
Division des services météorologiques
Environnement Canada

David Donald
Environnement Canada– Région des Prairies et du Nord

Jennifer Moore *
Comité de coordination sur l'eau
CCME

Michelle Brenning *
Christian De Kimpe
Tim Marta
Terence McRae *
Michel C Nolin *
Ed Topp *
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Gary Bank
Brook Harker
Bill Schutzman
Administration du rétablissement agricole des Prairies
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Alfonso Rivera
Ressources naturelles Canada

Jim Bunch
Trudie Forbe
Maurice de Maurivez
Ministère des Pêches et des Océans

Suzelle Barrington *
Université McGill

Cecil Forsberg *
Université de Guelph

Eric Aubin
Canadian Pork Council/Conseil canadien du porc

Bob Notenbomer *
Pure Lean Hogs Inc.

Harry Swain *
Cercle Sussex /Commission d'enquête sur Walkerton

Nicole Howe
Fédération canadienne de l'agriculture

Mel Webber *
Webber Environmental Consultant

Dan McCabe, V.P.
Ontario Corn Producers Association